

N° 4362

ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

QUATORZIÈME LÉGISLATURE

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 10 janvier 2017

RAPPORT D'INFORMATION

DÉPOSÉ

en application de l'article 145 du Règlement

PAR LA COMMISSION DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

*sur les **objets connectés***

ET PRÉSENTÉ PAR

MMES CORINNE ERHEL ET LAURE DE LA RAUDIÈRE,

Députées.

La mission d'information sur les objets connectés est composée de :
Mmes Corinne Erhel et Laure de La Raudière, *rapporteuses*

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	7
PREMIÈRE PARTIE : L'INTERNET DES OBJETS : LE NUMÉRIQUE À L'ÈRE DE LA PRÉDICTION	13
I. LE POTENTIEL ÉCONOMIQUE DES OBJETS CONNECTÉS SEMBLE SANS LIMITES	14
A. UN CHANGEMENT DE PARADIGME ENCORE PEU APPRÉHENDÉ PAR LES POLITIQUES.....	14
1. Qu'est-ce qu'un objet connecté ?.....	14
a. Les objets connectés sont déjà ancrés dans nos modèles de production et de consommation	14
b. Une nouvelle vague d'objets connectés qui repousse l'horizon des possibles.....	16
2. La principale force de l'utilisation des objets connectés : créer de la prédiction ...	18
a. La plus-value des objets connectés est indissociable des données qu'ils produisent.....	18
b. La prédiction : le cas d'usage de la maintenance	21
c. Une analyse qui peut être généralisée	22
3. L'internet des objets rebat les cartes de la production de valeur économique.....	24
a. L'industrie doit achever sa transformation vers les services.....	24
b. Les plateformes numériques confortent leur rôle économique pivot	26
c. L'essor d'une économie de la donnée.....	27
B. DU PRODUCTEUR AU CONSOMMATEUR, L'INTERNET DES OBJETS À CHAQUE ÉTAPE	29
1. Un marché « <i>B-to-B</i> » déjà dynamique, mais avec d'importantes marges de progression	29
a. « L'alignement des planètes » de l'internet des objets	29
b. Le potentiel de l'internet des objets apparaît plus clairement aux entreprises.....	32
c. L'exemple d'une filière traditionnelle en transition vers l'internet des objets : l'agriculture	35

2. Un marché « <i>B-to-C</i> » qui peine à gagner en maturité	37
a. Un potentiel annoncé qui se heurte à une demande encore fragile.....	37
b. Comment lever les freins du marché des objets connectés <i>B-to-C</i> ?	41
c. Une confiance des Français dans l'internet des objets à renforcer	46
II. USAGES ET PRATIQUES SOCIALES DES OBJETS CONNECTÉS.....	50
A. LA RÉVOLUTION DU QUOTIDIEN ?	50
1. Les objets connectés ou l'avènement de l'informatique ubiquitaire	50
a. Une connexion du quotidien omniprésente et invisible	50
b. Les objets connectés ne modifient pas que notre environnement, mais également nos modes d'action et de pensée.....	53
2. La révolution du quotidien est-elle contrôlable ?	57
a. L'internet des objets est-il intelligible ?	58
b. L'internet des objets est-il contrôlable ?	59
c. L'internet des objets est-il éthique ?	60
d. Quelle est la responsabilité des usagers ?	62
B. QUEL EST L'IMPACT SOCIAL DE L'INTERNET DES OBJETS ?	63
1. Les objets connectés créent-ils de la liberté ou de la contrainte ?	63
a. Les excès potentiels de la quantification de soi.....	64
b. L'apparition de nouvelles normes : le paradoxe des objets connectés	66
c. Vers la déqualification des professionnels ?	67
2. Les objets connectés créent-ils du lien social ou créent-ils des inégalités ?	69
a. Les objets connectés ou le vivre-ensemble connecté.....	69
b. Les objets connectés sont également porteurs de risques d'exclusion	71
SECONDE PARTIE : L'INTERNET DES OBJETS, DES OPPORTUNITÉS À SAISIR POUR LA FRANCE	73
I. UN ÉCOSYSTÈME DE L'INNOVATION ENCORE PERFECTIBLE	74
A. DES COMPÉTENCES ET UN DYNAMISME ENTREPRENEURIAL RECONNUS.....	74
1. L'enseignement supérieur et la recherche se positionnent sur l'internet des objets	74
a. L'interface entre l'enseignement supérieur et la recherche et les entreprises s'améliore.....	74
b. INRIA, à la pointe sur les objets connectés	75
2. La France connaît toujours un véritable dynamisme entrepreneurial.....	77
a. La très bonne forme des startups françaises.....	77
b. Relever le défi du « <i>scale-up</i> »	78

B. LES SOUTIENS À L'INNOVATION SE SONT ORGANISÉS.....	80
1. La bannière <i>French Tech</i> a permis de structurer les soutiens publics	80
a. Les dispositifs existants sont adaptés au développement des objets connectés français	80
b. Le coup de fouet de la French Tech.....	81
c. Des écosystèmes locaux tournés vers l'internet des objets	86
2. L'accompagnement des startups rassemble des initiatives publiques et privées....	88
a. De la naissance de l'idée à la commercialisation d'un produit	88
b. Le modèle israélien : comment s'inspirer de la « <i>Startup Nation</i> »	92
C. LE FINANCEMENT DE L'INNOVATION DEMEURE UN POINT D'ATTENTION	95
1. Le constat de la faiblesse du capital-risque en France reste d'actualité	95
a. Le capital-risque français reste en-deçà des performances de nos partenaires.....	95
b. Les business angels progressent, mais insuffisamment	96
2. Le financement participatif : nouveau levier de financement des jeunes entreprises	97
II. UNE RÉUSSITE À PORTÉE DE MAIN	100
A. L'INTERNET DES OBJETS NÉCESSITE DES INFRASTRUCTURES DE RÉSEAUX ADAPTÉES	100
1. La France a un savoir-faire reconnu en matière de connectivité	100
a. Le développement des technologies de connexion sans fil	100
b. La France tire son épingle du jeu dans les réseaux bas débit.....	102
2. Réussir la transition vers la 5G.....	104
B. LES DÉFIS QU'IL RESTE À RELEVER.....	107
1. Améliorer l'environnement fiscal et réglementaire de l'innovation.....	107
a. Développer le financement des entreprises innovantes par le levier fiscal	107
b. Protéger l'innovation	111
c. Reconnaître l'innovation	113
2. L'internet des objets, levier de la réindustrialisation française ?.....	115
3. Encourager la transition numérique des entreprises traditionnelles	117
a. Les usages du numérique par les PME-PMI françaises sont insuffisants	117
b. Le déploiement d'un écosystème français des objets connectés nécessite un effort de formation à cette transition numérique	118
TRAVAUX DE LA COMMISSION.....	121
SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS	141
LISTE DES PERSONNES AUDITIONNÉES PAR LES RAPPORTEURES	145

INTRODUCTION

Internet connaît aujourd'hui une extension inédite avec le développement des objets connectés. Jusqu'alors, internet se concevait comme la capacité des personnes de communiquer à tout moment et en tout lieu ; avec les objets connectés, le monde physique peut désormais communiquer, que ce soit pour des relations de personnes à personnes, de personnes à objets ou d'objets à objets. Partant, les importantes potentialités offertes par ce qu'il a été convenu d'appeler « l'internet des objets » (IoT, *Internet of Things*) sont encore, pour la plupart, à explorer. Sommes-nous à l'aube d'une nouvelle révolution technologique ?

D'ores-et-déjà, les analyses prospectives rivalisent d'exubérance pour qualifier et quantifier l'ampleur de l'impact à venir de l'internet des objets sur notre quotidien, sur nos manières de consommer, sur nos façons de produire. De plus en plus de capteurs, de puces, de caméras embarquées permettent de créer des données à partir d'objets, auparavant inertes et isolés les uns des autres, pour rendre notre environnement plus intelligent. Nos domiciles, nos moyens de transport, nos espaces publics, nos lieux de travail, nos usines, nos infrastructures et même nos personnes peuvent être rendus plus efficaces, fournir de nouveaux services et améliorer notre sécurité ou nos comportements grâce à la collecte et au traitement des données émises par les objets connectés.

Le potentiel de valeur économique et de valeur sociale de l'internet des objets justifie la prévision d'une croissance exponentielle de l'internet des objets d'ici quelques années. Selon Gartner, 6,4 milliards d'objets sont déjà connectés en 2016, et il devrait y en avoir 30 milliards en 2020. Pour Etisalat, ce nombre s'élèverait à 28 milliards au même horizon, tandis que, selon Cisco, ce nombre serait de 50 milliards en 2020. Enfin, iDATE avance 80 milliards d'objets connectés en 2020. S'il est difficile d'accorder du crédit à une analyse plutôt qu'à une autre, il est toutefois possible de constater qu'une tendance lourde est en cours.

De façon plus qualitative, le cabinet AT Kearney estime que l'Union européenne gagnerait 7 points de PIB (1 000 milliards d'euros) d'ici à 2025 grâce à l'essor de l'internet des objets. Cette estimation comprend les ventes d'objets connectés (du bracelet connecté au compteur électrique intelligent) ou de services *via* des objets connectés (surveillance, gestion d'équipement à distance), mais la création de valeur serait surtout indirecte : gains de temps (meilleure gestion des flux de circulation, par exemple), de pouvoir d'achat (grâce aux économies d'énergie ou aux économies de dépenses de santé) et de productivité (pour les entreprises).

Le présent rapport détaille de façon précise les services que les objets connectés sont amenés à rendre, individuellement et collectivement : les objets connectés ne sont donc pas que les « gadgets technologiques » qui occupent régulièrement la rubrique des actualités insolites de la presse.

En particulier, les objets connectés, grâce à l'analyse – en temps réel ou différé – de la masse des données qu'ils engendrent, permettront de mieux s'informer, de mieux maîtriser les environnements, de responsabiliser les comportements et, même, de prédire. Le cas d'usage qui devrait acquérir une portée plus générale est celui de la maintenance prédictive : en plaçant des capteurs connectés (mesure de la pression, de la température, des frottements, etc.) sur des infrastructures de réseaux, sur des machines-outils ou sur des chaudières, sur des appareils ménagers, il sera possible de détecter en amont les failles à venir et de mieux cibler les interventions. En outre, le traitement algorithmique des données captées et des incidents permet, dans un horizon de temps plus long, d'identifier des zones à risque ou les raisons des pannes les plus fréquentes. Le passage d'une maintenance préventive, qui entraîne une perte de ressources par son caractère automatique – avec un plan fixe d'interventions en amont, qui sont réalisées parfois de façon superflue –, à une maintenance prédictive est manifestement le signe d'un surcroît d'intelligence. Ce cas d'usage industriel pourrait aussi trouver son application pour l'amélioration de la santé humaine.

Le champ d'analyse de l'impact du développement des objets connectés sur la société dépasse très largement les seuls aspects économiques puisqu'il conduit même à s'interroger sur la place des décisions humaines dans un monde où les objets effectuent de plus en plus de choix à la place de l'homme. Les rapporteuses, toutes les deux membres de la commission des affaires économiques, invitent l'Assemblée nationale à compléter l'actuelle mission d'information par une analyse de la place de l'homme dans la société numérique de demain et de l'avènement de courants transhumanistes porté par l'univers des possibles qu'offrent les nouvelles technologies.

*

L'internet des objets désigne une nébuleuse d'objets connectés qu'il convient de définir avec rigueur. En effet, les terminaux informatiques sont techniquement des objets connectés, tandis que certains objets sont déjà connectés entre eux pour réaliser des opérations en autonomie (« *Machine-to-Machine* », ou *M-to-M*) et que d'autres sont simplement connectables : il s'agit de l'ensemble des objets traditionnels, non technologiques, qui sont augmentés d'au moins un capteur, une puce RFID ou un QR-code. Le champ des objets connectés est donc potentiellement infini.

L'Union internationale des télécommunications (UIT) a donc mené un travail de caractérisation dans une recommandation de 2012 ⁽¹⁾. Selon l'UIT, l'internet des objets se définit comme « l'infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ». Dans cette

(1) UIT, « Présentation générale de l'internet des objets », recommandation Y.2060, juin 2012

recommandation, l'UIT compte cinq caractéristiques fondamentales de l'internet des objets :

1° l'interconnectivité : les objets peuvent être connectés entre eux et à l'ensemble de l'infrastructure internet ;

2° les services propres : les objets fournissent des services de façon intrinsèque ;

3° l'hétérogénéité : les dispositifs utilisés pour le fonctionnement des objets sont hétérogènes (logiciels, réseaux, caractéristiques physiques) ;

4° les changements dynamiques : les objets évoluent dans un environnement qui évolue (emplacement, vitesse) et le nombre de dispositifs évolue également, avec l'apparition de nouvelles vagues technologiques ;

5° la très grande échelle : les dispositifs qui devront être gérés et qui communiqueront entre eux seront sensiblement plus nombreux que ceux connectés à internet aujourd'hui.

Cette première caractérisation reste assez générale. En particulier, l'UIT y intègre les objets dits « virtuels » (contenus multimédias, applications, données). Vos rapporteuses proposent, dans le corps du rapport, un balisage des objets connectés plus restreint pour contenir l'analyse dans les limites des problématiques qu'elles ont souhaité aborder.

*

Les développements qui suivent s'organisent dans deux grandes parties.

La première partie du rapport est une analyse de portée générale sur le potentiel des objets connectés. Elle apporte d'abord une vision large, prospective, des changements qui vont être à l'œuvre grâce aux objets connectés dans les modèles économiques de demain. En particulier, si l'internet des objets est générateur d'une importante création de valeur, il faut se demander où elle se situe précisément, et quels sont les acteurs économiques qui sont en mesure de la capter.

Ainsi, France Stratégie faisait le constat suivant en 2015 ⁽¹⁾ : si la France est bien positionnée sur la conception physique des objets connectés (design, connectivité, microélectronique), elle ne peut s'appuyer sur une plateforme nationale ou européenne suffisamment étendue pour conserver la valeur économique des nombreux services qui seront associés aux objets. Le risque que France Stratégie identifie est que la valeur ajoutée des objets connectés soit captée par des acteurs numériques – rarement français – au détriment des acteurs traditionnels (industriels ou prestataires de services).

(1) France Stratégie, « Demain, l'internet des objets », janvier 2015

Cette première partie s'intéresse ensuite à l'écosystème des objets connectés, du point de vue de l'offre puis du point de vue de la demande. Il faut tout d'abord relever la segmentation de l'offre entre deux marchés globaux, le marché des objets connectés à destination des entreprises et le marché des objets connectés à destination des consommateurs, qui ne connaissent pas le même degré de maturité. Les perspectives de demande d'objets connectés de la part des consommateurs sont ainsi, aujourd'hui, plutôt fébriles. En effet, si 53 % des Français qui utilisent internet le font *via* un smartphone, ce qui représente une hausse de 10 points en 18 mois ⁽¹⁾, seuls 17 % des Français sont équipés en objets connectés.

En outre, il sera difficile de garantir aux consommateurs que leurs données quotidiennes, voire personnelles, ne fassent pas l'objet d'un stockage ou d'une exploitation économique au travers de leurs objets connectés. Le surcroît de services que les objets connectés apportent, a comme corollaire l'acceptation d'être plus facilement localisé et suivi, et que nos habitudes fassent l'objet d'un traitement algorithmique.

Précisément, la première partie se conclut sur une analyse de l'impact social des objets connectés sur les individus – au-delà de leur étiquette de consommateurs. Si les objets connectés sont porteurs d'une amélioration nette du quotidien et d'une meilleure quantification de soi, ils ne sont pas exempts de risques sociologiques à identifier.

La deuxième partie du rapport cherche à définir la place que va occuper la France dans la révolution de l'internet des objets. La conviction de vos rapporteuses est que notre pays peut légitimement prétendre à une position d'avant-garde, en matière d'innovation, d'offre industrielle ou de solutions de télécommunications.

Cette partie caractérise d'abord les atouts et les faiblesses de l'écosystème français de l'innovation. Cet écosystème s'est considérablement renforcé ces dernières années : s'il est encore largement perfectible, il fait montre d'un véritable dynamisme entrepreneurial, tiré par des compétences reconnues dans les nouveaux métiers de la donnée, dans les sciences de l'ingénieur ou dans les mathématiques appliquées. En outre, les soutiens publics et privés à l'innovation se sont multipliés, et structurés, par exemple autour de la bannière *French Tech*. Enfin, des écosystèmes locaux se sont construits autour de l'internet des objets pour tâcher d'en tirer tout le potentiel : c'est en particulier le cas de Toulouse ou d'Angers.

Réussir le virage de l'internet des objets en France semble donc à portée de main. Il faudra veiller à ce que les avantages comparatifs de la France soient maintenus par un effort tourné spécifiquement vers les objets connectés. En particulier, l'internet des objets constitue aujourd'hui la première des sept grandes

(1) Harris Interactive, « Baromètre CDC-ACSEL-La Poste de la confiance des Français dans le numérique », octobre 2016

priorités d'actions du plan « Industrie du futur », avec la digitalisation et la virtualisation qui lui sont connexes. Mais il faudra également engager un important effort d'accompagnement des entreprises traditionnelles pour qu'elles prennent rapidement le virage de la numérisation de leurs processus de production de biens et de services. L'effet de levier des objets connectés sur les performances de ces entreprises et sur l'industrie française dans son ensemble pourrait être majeur, si ce levier est activé avec justesse.

*

Vos rapporteuses ont mené cette mission en rencontrant de nombreux acteurs de l'écosystème des objets connectés : opérateurs, équipementiers, représentants de filières. Elles ont également mûri leurs réflexions à partir des analyses de plusieurs *think tanks* et d'experts académiques, économistes ou sociologues.

Elles ont également ponctué la mission de déplacements sur le terrain : au salon *Mobile World Congress* de Barcelone, en février 2016 ; à la Cité de l'objet connecté d'Angers, en avril (Mme Laure de La Raudière seulement) ; en Israël et dans les territoires palestiniens, en juillet (Mme Laure de La Raudière seulement). Un déplacement à Toulouse n'a pas pu être mené pour des problèmes logistiques.

PREMIÈRE PARTIE

L'INTERNET DES OBJETS : LE NUMÉRIQUE À L'ÈRE DE LA PRÉDICTION

Le premier volet de la présente partie (I) apporte une vision large, prospective, des changements qui vont être à l'œuvre grâce aux objets connectés dans les modèles économiques des entreprises, qu'elles relèvent de secteurs traditionnels ou qu'elles soient issues du numérique. Les objets connectés sont, en effet, porteurs de changements structurants dans les chaînes de production – forts gains de productivité, développement d'offres de services complémentaires aux produits, individualisation de la relation clients – mais également dans les chaînes de valeur : la structuration classique de l'offre en filières fonctionnant en « silo » devra évoluer vers davantage de coordination des acteurs économiques, davantage d'attention accordée à l'usage des données produites et vers un fonctionnement concentré autour de plateformes qui restent encore à identifier clairement.

Cette première partie sera également organisée autour de la segmentation de l'offre entre deux marchés globaux : le marché des objets connectés à destination des entreprises, ou « *B-to-B* » (*Business-to-Business*), et le marché des objets connectés à destination des consommateurs, ou « *B-to-C* » (*Business-to-Consumer*). Ces deux catégories d'offre répondent à des problématiques spécifiques. Tandis que l'imaginaire collectif dépeint les objets connectés avant tout en allusion aux gadgets technologiques du quotidien – qui ont souvent des relais médiatiques dans la catégorie « les objets insolites qui changeront votre quotidien » (fourchette connectée, petits robots ménagers, bracelets de suivi d'activité, *etc.*) – force est de constater que c'est aujourd'hui le marché « *B-to-B* » qui est le plus prometteur, à court terme, en matière de développement de la demande d'objets connectés.

Le deuxième volet (II) présente une analyse de l'impact social des objets connectés sur les personnes, dans leurs relations aux objets comme aux autres personnes. Si les objets connectés sont porteurs d'une amélioration nette du quotidien (gain de temps, de confort, nouveaux services) et d'une meilleure connaissance de chacun sur son état de santé, sur ses habitudes ou ses performances (la quantification de soi), ils ne sont pas exempts de risques sociologiques à identifier. Les objets connectés permettent de responsabiliser les personnes, d'augmenter leur compréhension du réel et les conséquences de leur action, mais ils contribuent également à créer de nouvelles normes (les fameux « 10 000 pas par jour ») discutables et, potentiellement, stigmatisantes pour ceux qui ne s'y plieraient pas.

En outre, l'internet des objets entretient une relation ambiguë avec le lien social. L'appropriation des usages technologiques par les citoyens permet de redéfinir certains modes d'action collectifs, d'identifier et de discuter les problèmes sociaux à égalité avec les experts et, de façon inédite, d'encourager la participation citoyenne dans les politiques publiques grâce à la production collective de données décentralisées, mieux connue sous son terme anglo-saxon : « *crowdsourcing* ». Mais l'internet des objets est également facteur d'individualisation par la quantification de soi, et son caractère inclusif reste à démontrer, quand l'appropriation de l'internet des objets suppose, *a minima*, la possession d'un smartphone.

I. LE POTENTIEL ÉCONOMIQUE DES OBJETS CONNECTÉS SEMBLE SANS LIMITES

A. UN CHANGEMENT DE PARADIGME ENCORE PEU APPRÉHENDÉ PAR LES POLITIQUES

1. Qu'est-ce qu'un objet connecté ?

Le premier constat qu'il convient d'effectuer est l'omniprésence des objets connectés parmi nous : il ne s'agit donc pas d'analyser une innovation de rupture, mais bien davantage un changement de volume dans l'impact des objets connectés sur nos modes de production et de consommation.

a. Les objets connectés sont déjà ancrés dans nos modèles de production et de consommation

Les objets connectés ont parfois des origines anciennes : les signalisations à distance, comme les feux de circulation, les capteurs de pression à l'entrée des parkings et dans les péages autoroutiers ou les chaînes industrielles de production automatisées existent depuis longtemps. Ce sont toutefois des objets connectés « traditionnels » : ils peuvent être commandés à distance ou automatisés mais ne peuvent que rarement répondre ou transmettre des données à l'utilisateur. Ils ne sont pas connectés à internet, ni même parfois à un réseau local, et sont rarement connectés sans câbles.

En second lieu, tout équipement informatique peut légitimement être considéré comme un objet connecté, et nous nous connectons en permanence à des équipements fixes ou mobiles pour les services du quotidien : se géolocaliser sur son smartphone, retirer de l'argent à un distributeur de billets qui se connecte à notre banque ou payer avec sa carte bancaire dans un commerce.

Mais plusieurs facteurs expliquent l'apparition d'un « internet des objets » à part entière :

(i) *Nous entrons dans l'ère du tout-connecté.*

Le présent rapport tâchera de montrer comment même l'objet à la fonction la moins technologique peut toutefois trouver une nouvelle valeur d'usage en se connectant.

L'assiette connectée

La *Smartplate* est conçue comme un « nutritionniste personnel ». Elle est dotée de capteurs photographiques et sensoriels et interagit avec une base de données d'aliments afin de rendre plusieurs services au consommateur *via* une application sur smartphone : elle pèse la quantité de chaque aliment dans l'assiette, estime les calories qu'elle contient et les valeurs nutritionnelles. Elle peut également analyser la vitesse à laquelle le consommateur mange.

(ii) *Les avancées technologiques récentes ont permis ce changement d'échelle.*

Ces avancées technologiques sont, par exemple :

– l'apparition de l'informatique en nuage – le *cloud computing* : le transfert, le stockage et le traitement de données ne reposent plus sur des infrastructures physiques privatives (notre disque dur) et l'accès est également dématérialisé (les données sont accessibles depuis n'importe quel terminal informatique).

– Les capacités d'analyse et de calculs de données en grande quantité – le *big data* (voir *infra*).

(iii) *Les prix des objets connectés sont plus accessibles.*

Les objets connectés sont déjà industrialisés dans certains secteurs où leur valeur ajoutée a été reconnue de longue date : logistique, entreprises de réseaux ou secteur militaire. Les objets connectés y sont un véritable investissement stratégique, ce qui relativise leur coût initial. Dans le secteur militaire, l'apparition des drones et des robots militaires a en effet révolutionné les stratégies d'intervention, ce dont témoigne un rapport d'information de l'Assemblée nationale remis en 2009 ⁽¹⁾. Ces dernières années ont toutefois marqué le fort développement des objets connectés plus accessibles financièrement, en particulier auprès du grand public. Une demande est apparue autour d'objets au

(1) La commission de la défense et des forces armées de l'Assemblée nationale a examiné en décembre 2009 le rapport d'information n° 2127 de MM. Yves Vandewalle et Jean-Claude Viollet sur les drones militaires. Ce rapport indique notamment que « les drones ont connu un développement très rapide au cours des dernières décennies, [Ils] représentent un progrès considérable pour la préparation, la conduite et l'évaluation des opérations ».

design élégant, qui prolonge l'utilisation courante du smartphone et qui renvoie un signal social perçu comme positif (bien haut de gamme et à la mode – « *hype* »). Une catégorie spécifique d'objets connectés portables est ainsi apparue : les « *wearables* » (montres, bracelets ou lunettes connectés).

b. Une nouvelle vague d'objets connectés qui repousse l'horizon des possibles

Les objets connectés de nouvelle génération, qui ont intéressé la mission d'information, ont plusieurs caractéristiques :

– *ils sont interactifs*. De façon grossière, ils sont connectés lorsqu'ils permettent l'échange d'informations entre au moins un capteur et un terminal informatique, de façon bidirectionnelle ou en remontées d'information. Mais, dans leur forme la plus aboutie, les objets connectés sont désormais reliés à l'ensemble de l'infrastructure mondiale que constitue internet, ce qui démultiplie leur potentiel de services. Ces objets tendent à être reliés à des plateformes qui permettent même la pluridirectionnalité des échanges. L'étendue du champ des objets connectés est alors immense : cela va de la balise enterrée, qui envoie régulièrement des signaux, à la centrale nucléaire qui peut être gérée à distance ;

– *ils permettent de transformer des objets physiques traditionnels en objets intelligents*. Il peut s'agir de connecter des routes, des équipements industriels, des équipements sportifs, des objets du quotidien (de la voiture à l'assiette), des bâtiments – en fait, tout objet en mesure d'être assorti d'au moins un capteur ;

– *ils produisent des données*. L'éventail des actions possibles en fonction des données produites dépend de la sophistication de l'objet ou de l'interface logicielle qui lui est associée, allant de la simple récolte d'informations à la réaction autonome de l'objet – une intelligence artificielle qui peut, ici également, être plutôt simple (la régulation de température) ou extrêmement complexe (l'analyse de données massives par apprentissage profond – *deep learning* – ouvrant un potentiel de prise de décision par l'objet qui dépasse parfois les capacités humaines).

L'exemple de la voiture connectée

La voiture est l'un des objets qui a le plus concentré l'attention des fabricants d'équipements. L'électronique et l'informatique embarqués ne sont certes pas des nouveautés, mais le mouvement d'équipement des voitures intelligentes en capteurs et en caméras s'est accéléré depuis quelques années. La voiture est donc passée de l'état d'objet entièrement mécanique et déconnecté à un outil de mobilité particulièrement informatisé, de l'allumage jusqu'au stationnement.

La bidirectionnalité des échanges entre le conducteur et sa voiture peut être mise en avant dans de nombreuses innovations de navigation : technologies de contrôle de la vitesse (*cruise control*), radars de recul, signaux sonores (dépassement de vitesse, sortie des lignes blanches), ouverture et fermeture sans contact, à l'approche du propriétaire... Mais la voiture connectée s'insère désormais dans un réseau d'objets connectés, ce qui en fait un objet multidirectionnel : les voitures les plus connectées interagissent entre elles, pour éviter les collisions ou gérer les flux de circulation ; elles sont également en relation avec des prestataires de services qui sont automatiquement prévenus en cas d'accident (services de secours, d'assurance, garagistes) ; elles peuvent même interagir avec les infrastructures, comme l'éclairage public des routes qui peut s'actionner à leur approche, pour réaliser des économies d'énergie.

La production de données est essentielle au succès de la voiture connectée. Les données les plus simples permettent de calculer la vitesse du véhicule et, en fonction des commandes données par le conducteur, de la réguler. De façon plus sophistiquée, l'analyse de données de l'environnement de conduite va permettre des réactions automatiques de l'appareil (signaux sonores, freinage voire conduite automatique) ; l'enjeu étant la réactivité en temps réel, ce qui demande une réelle puissance de calcul. Les progrès les plus récents autorisent certaines voitures à se piloter de façon entièrement autonome, dans des situations de conduite d'abord maîtrisées (progresser dans des bouchons) puis dans des situations parfaitement libres. Les logiciels de conduite les plus avancés permettant de relier de façon autonome la conduite d'une flotte de véhicules qui se suivent ou, en environnement urbain, de procéder à des dépassements d'autres voitures, connectées ou non. En dernier lieu, les données produites par les voitures connectées ont un usage « froid » – c'est-à-dire après récolte, stockage et traitement. Elles permettent, par exemple, de connaître l'évolution des flux de circulation et d'adapter le fonctionnement des voies urbaines afin d'éviter les congestions ; elles ont également une grande valeur économique pour les assureurs, qui augmentent de façon significative les informations qu'ils détiennent sur le comportement de leurs assurés au volant.

Cette première caractérisation ne résiste sans doute pas au constat de la grande variété des usages des objets connectés et à la grande hétérogénéité des services qu'ils peuvent rendre : un même objet connecté peut, comme on vient de le montrer pour les véhicules connectés, détenir une valeur ajoutée pour le consommateur final, pour l'entreprise qui crée l'objet ou commercialise le service associé et pour les personnes publiques qui peuvent utiliser les données que cet objet produit.

Ainsi, l'un des constats généralement partagés par les acteurs que vos rapporteuses ont rencontré pendant les auditions est le suivant : l'internet des objets offre des potentialités inouïes, mais nous n'en sommes encore qu'à son

balbutiement. Il s'agit bien, *in fine*, de répliquer dans le monde physique les transformations qu'internet a déjà permis dans les échanges économiques et sociaux de ces trente dernières années.

Les valeurs d'usage des objets connectés sont déjà en mesure de modifier structurellement les façons de produire, d'offrir des services, la gestion des réseaux d'énergie ou de transport, les relations des entreprises aux consommateurs, vers toujours plus d'individualisation de l'offre et d'interaction.

Demain, ce seront les modes de vie et les modes d'organisation de la société qui seront bouleversés. Les politiques publiques devraient d'ailleurs être les prochaines grandes bénéficiaires de l'internet des objets. Les développements suivants montreront comment la ville connectée va permettre de résoudre plusieurs problèmes sociétaux (lutte contre la pollution, décongestion des villes, gestion des ressources). Au-delà, les politiques de santé publique et de protection sociale vont se reconfigurer autour des données que les individus mesureront et mettront à la disposition du secteur de la santé pour améliorer la maîtrise de leur état de santé, la propagation de maladies ou encourager la lutte contre les comportements à risques. Les politiques environnementales seront également bénéficiaires des initiatives visant à maîtriser la production d'énergie, au niveau des réseaux (les réseaux énergétiques intelligents ou *smartgrids*) comme des bâtiments (les bâtiments connectés vont permettre d'optimiser la consommation d'énergie et renforcer l'efficacité énergétique).

Vos rapporteuses estiment ainsi qu'il faudra être très attentif à l'émergence de nouvelles valeurs d'usage des objets connectés. Ces dernières pourraient en particulier permettre de renforcer singulièrement notre capacité d'anticipation, voire de prédiction.

Recommandation n° 1 : Réaliser une revue de l'action publique au prisme de l'internet des objets, pour déceler les gains de productivité et les nouveaux usages qui peuvent en découler pour améliorer le fonctionnement des services publics. Cette revue pourrait être engagée par le secrétariat général de la modernisation de l'action publique (SGMAP), dans le cadre du plan gouvernemental #AmbitionNumérique.

2. La principale force de l'utilisation des objets connectés : créer de la prédiction

a. La plus-value des objets connectés est indissociable des données qu'ils produisent

Comme cela a été observé, les nouveaux objets connectés se caractérisent par la production de données qui fait leur valeur ajoutée. Ces données renseignent les utilisateurs en temps réel – distance d'un parcours avec un bracelet connecté, degré d'humidité de parcelles agricoles, localisation d'un colis –, et permettent de

dégager des statistiques d'utilisation, de surveiller des chaînes de production avec une précision accrue et, plus globalement, de quantifier le réel autour de soi.

Mais ce n'est que la partie émergée de l'iceberg : l'autre caractéristique des objets connectés est leur capacité à fonctionner en réseau. Les objets parviennent à leur plein potentiel lorsqu'ils sont connectés à d'autres objets, ce qui permet de coupler les services ou d'enrichir l'expérience de l'utilisateur – l'exemple le plus souvent cité étant la capacité à gérer l'ensemble de ses objets connectés domestiques à partir d'une seule application de domotique sur son smartphone ou son ordinateur personnel. C'est aussi le cas de la conduite autonome du véhicule connecté. Mais, plus avant, la connexion des objets entre eux et, par ce biais, des personnes qui les utilisent engendre une quantité importante de données qu'il est possible de récolter puis d'agréger et d'analyser. Il peut s'agir, dans une grande surface par exemple, de relier les comportements de consommation des clients (récolte de la liste produits achetés) avec leurs déplacements dans le magasin (chariot connecté), le tout en fonction des heures de la journée, pour améliorer l'agencement des rayons ou même proposer, de façon individualisée, des paniers de courses prêts à emporter en fonction des habitudes alimentaires et de la fréquence d'achat des produits.

Les exemples sont nombreux : ils permettent souvent d'arriver à la conclusion que l'amélioration du service associé à un ou plusieurs objets connectés dépend intrinsèquement de la capacité à « lire » les données récoltées, à les rendre intelligibles à l'aide d'algorithmes, pour anticiper les besoins. L'essor de l'internet des objets dépend donc de la capacité des acteurs de cet écosystème à traiter un ensemble de données hétérogènes, disponibles en très grande quantité, qui ne peuvent être stockées et traitées par des outils traditionnels de bases de données – en somme, à gérer du *big data*.

Le big data vu par vos rapporteuses en 2014 : une intuition à approfondir

Vos rapporteuses avaient déjà eu l'occasion d'imaginer le potentiel du *big data* dans leur rapport précédent réalisé au nom de la commission des affaires économiques ⁽¹⁾ :

« À l'heure actuelle, les entreprises comme les administrations disposent de masses de données, accumulées au fil des années et produites en nombre toujours plus important par l'informatique embarquée. Selon l'Association française des éditeurs de logiciels (AFDEL), 30 % du coût d'une voiture est aujourd'hui le fait de l'informatique, tandis qu'un tiers du coût d'un avion est dû à l'informatique embarquée. Chaque appareil Airbus enregistre un téraoctet [To, soit 1 000 Go] de données par heure de vol. Le volume de données numériques augmente de manière exponentielle. À titre d'exemple 90 % de l'ensemble des données aujourd'hui disponibles ont été créées ces deux dernières années ⁽²⁾.

(1) Corinne Erhel et Laure de La Raudière, rapport d'information du 14 mai 2014 sur le développement de l'économie numérique française : « Agir pour une France Numérique : de l'audace, encore de l'audace, toujours de l'audace ! » (n° 1936)

(2) C. Brasseur. Enjeux et usages du Big Data. Technologies, méthodes et mise en œuvre. Lavoisier. 2013

« (...) Ces données sont stockées mais, jusqu'à présent, personne ne sait comment les valoriser. Pourtant, chacun a conscience qu'une immense valeur se trouve dans ces données, surtout dans un contexte de réduction des marges des produits physiques. »

Les principales sources du *big data* sont, en effet, les données issues des objets connectés, dans la mesure où leur très grand nombre et la fréquence de leur utilisation démultiplient les sources de production des données. En outre, la captation des données s'effectue soit directement, *via* l'objet connecté, soit indirectement, *via* le terminal utilisé (le smartphone le plus souvent) ou encore aux travers des échanges des utilisateurs sur les réseaux sociaux à partir ou à propos de l'objet connecté.

Ces données constituent un gisement de valeur à exploiter. Elles permettent, par exemple, d'acquérir des informations de qualité et en quantité sur chaque client, de connaître son comportement et ses préférences envers les produits et les services qui lui sont vendus. Le principal défi commercial est d'être en mesure d'identifier à l'avance ce que le client souhaite, avant qu'il explicite sa demande, voire à le satisfaire automatiquement si les deux parties en sont d'accord. Par exemple, un prestataire de services livrant du gaz à une entreprise industrielle peut munir les conteneurs de capteurs de pression qui permettent de connaître leur taux de remplissage en temps réel. Dans un premier temps, ce prestataire peut donc anticiper la commande et la livraison de nouvelles bonbonnes de gaz lorsque le remplissage devient critique, pour que l'entreprise soit toujours approvisionnée. Avec la récolte de davantage de données sur la consommation énergétique de l'entreprise (évolution du taux de consommation de gaz, périodes d'activité plus importantes, nombre de livraisons sur les derniers mois), le prestataire peut établir un modèle de prédiction des besoins de l'entreprise pour améliorer le service rendu, ainsi qu'adapter son propre approvisionnement pour réduire ses coûts d'exploitation.

Plus généralement, lorsque les données collectées le permettent, toute relation fournisseur/consommateur peut être individualisée, grâce à la maîtrise des préférences et des comportements : les services apportés par le fournisseur se rapprochent du sur-mesure. Les développements suivants montreront que la plus-value des objets connectés se manifeste par des services de haute qualité, ce qui passe principalement par une économie de la donnée correctement mobilisée. Dans beaucoup de secteurs d'activité, cela conduit à un changement de métier des entreprises : les fabricants industriels de produits deviennent les fournisseurs d'un service. La compréhension de cet enjeu par les entreprises industrielles traditionnelles est majeure pour s'adapter aux attentes de leurs clients, en termes de services personnalisés et efficaces.

Ce gisement de valeur de la donnée n'est toutefois exploitable qu'à condition de disposer des compétences techniques et humaines suffisantes : le *big data* nécessite la combinaison d'analyses mathématiques et statistiques avec la puissance de supercalculateurs afin de concevoir des algorithmes suffisamment performants pour rendre les données intelligentes et intelligibles.

Précisément, la solution industrielle « Économie de la donnée » lancée par l'ancien ministre de l'économie, M. Emmanuel Macron, au titre de la Nouvelle France industrielle (NFI) vise à encourager le développement économique du *big data* en France. Les pilotes de cette solution formulent le même constat que vos rapporteures : l'exploitation des données en grande quantité permet de mieux anticiper, voire de prédire, les problèmes, les besoins, les comportements, afin d'adapter les services rendus par les objets connectés. En particulier, les champs de recherche qui bénéficient d'une attention particulière sont l'analyse comportementale et la maintenance prédictive.

Recommandation n° 2 : Renforcer substantiellement les moyens alloués au plan « Économie de la donnée » *via* le lancement de plusieurs appels à manifestation d'intérêt dans ce domaine pour l'amélioration de la performance des services publics. Vos rapporteures sont convaincues que la donnée sera, demain, la principale source de valeur économique : la France pourrait, par le levier de la commande publique, développer ses compétences en la matière et dégager un avantage concurrentiel durable à l'échelle européenne, voire mondiale.

b. La prédiction : le cas d'usage de la maintenance

Vos rapporteures voient dans l'imbrication du développement des objets connectés et des potentialités du *big data* l'avènement d'un paradigme de la prédiction, qui va progressivement effacer des pertes de temps et d'efficacité et rendre superflues certaines interventions humaines peu productives. L'application de ce modèle de la prédiction trouve une application naturelle dans ce qu'on nomme la « maintenance prédictive ».

Les entreprises industrielles mettent en œuvre, jusqu'à présent, une maintenance qualifiée de préventive. Devant les coûts prohibitifs d'arrêt d'une chaîne de production en cas de panne d'équipement, la maintenance préventive prévoit, en amont et généralement dès la livraison des outils, un plan fixe d'interventions, qui sont réalisées parfois de façon superflue lorsque l'équipement est en bon état de marche. Au contraire, la maintenance prédictive s'appuie sur la production de données par les équipements, en temps réel, afin de cibler les besoins de maintenance. Rendre ces équipements connectés est, pour l'entreprise, un investissement qui peut être rapidement amorti si la gestion des données ainsi disponibles est efficace.

Vos rapporteures ont ainsi auditionné la filiale SNCF Digital, qui leur a montré les applications nouvelles liées à l'entretien connecté des réseaux ferrés, dans une stratégie plus globale d'« internet des objets industriel ». En plaçant des capteurs sensoriels (mesure de la pression, température des rails, mouvements de caténaires par exemple) sur des endroits stratégiques, en connectant les trains qui empruntent ces voies, les agents de la SNCF sont en capacité de connaître, à l'avance, les équipements qui menacent d'être défaillants. De façon plus systématisée, l'analyse des données issues de multiples capteurs et agrégées dans le temps peut permettre d'élaborer des modèles de prédiction des zones à risque,

par l'analyse mathématique des masses de données à disposition. L'objectif stratégique de la SNCF est de diminuer les coûts de la maintenance, tout en évitant au maximum les pannes matérielles qui engendrent des coûts importants et une grande insatisfaction des clients (suppression de trains, retards).

La SNCF gère plus généralement sa transition digitale, qui passe notamment par l'équipement de ses agents en tablettes professionnelles et d'applications partagées (application Nomade), en particulier en matière de maintenance ou de conduite des trains. Les gains d'efficacité et de productivité dans l'organisation de la main-d'œuvre sont déjà réels et visibles à court terme, mais comme chaque opération est tracée, les données de maintenance peuvent être récoltées en masse et offrir des capacités prédictives intéressantes à moyen et long termes. En somme, la gamme des objets connectés sera complétée par une gamme de données produites par les équipes de terrain, facilement compilables et groupables avec les données récoltées par les capteurs. Un autre objectif de la SNCF est également la gestion autonome de ses gares, dans lesquelles les équipements connectés sont en augmentation constante.

c. Une analyse qui peut être généralisée

Les objets connectés peuvent-ils prédire plus largement que dans le cas d'usage de la maintenance ? Ce premier cas d'usage illustre une forme de *prédiction par l'observation*. D'autres formes de prédiction sont rendues possibles.

La prédiction par l'habitude. Les développements précédents ont déjà illustré la possibilité d'anticiper les comportements de consommation des personnes dans les grandes surfaces – et plus généralement dans toutes les relations de consommation routinière. Les investissements des entreprises dans ces services connectés sont compensés par les gains de temps et de confort des consommateurs, dont la demande est comprise et anticipée. En outre, anticiper la demande permet également d'améliorer l'offre, par exemple au travers des gains d'efficacité des chaînes de production, qui s'adaptent à ces demandes individualisées, qui peuvent être agrégées. Ces gains d'efficacité se situent dans l'ajustement en temps presque réel de l'organisation logistique, dans le moindre gaspillage des produits ou des ressources consommées pour produire, dans le ciblage des efforts publicitaires...

La prédiction par la recommandation. David Chavalarias, docteur en mathématiques appliquées, a imaginé en 2012 l'apparition d'une « société de la recommandation »⁽¹⁾. Il observe, dans une période où les réseaux sociaux se développent massivement sur internet, l'apparition de nombreux mécanismes de recommandation et de classement, dont la plupart des consommateurs sont aujourd'hui familiers (TripAdvisor, Facebook, Netflix, etc.). En partant de l'idée selon laquelle nos comportements de consommation sont largement déterminés

(1) David Chavalarias, « La société recommandée », *Conflits des interprétations dans la société de l'information, éthique et politique de l'environnement*, Lavoisier, 2012

par les choix recommandés par des tiers⁽¹⁾, par influence mutuelle, David Chavalarias montre que la force des opérateurs ayant connu le succès est d'être parvenus à transformer ces données en capacités prédictives : « 70 % des internautes font confiance aux recommandations en ligne émanant d'inconnus, ce taux de confiance grimpe à 90 % lorsqu'ils connaissent la personne. Pour un site tel que Netflix, 60 % des achats sont consécutifs à une recommandation ». De même, une entreprise comme Amazon est depuis longtemps en mesure de proposer à ses clients des produits qui correspondent à leur profil d'achat ainsi qu'au profil d'achat de leurs proches. De nombreuses recherches académiques comme privées travaillent aujourd'hui à mieux saisir le lien entre la collecte de données à grande échelle, renforcée par l'internet des objets, et la prédiction des comportements individuels ou même des dynamiques sociales (à partir de l'analyse de flux d'attention sur internet, par exemple). L'auteur conclut : « La société tend à fonctionner de plus en plus comme un système intégré dont les leviers d'action permettront à qui sait s'en servir d'avoir un impact significatif sur son évolution ».

La prédiction par le risque. Prédire, c'est également rapprocher un comportement individuel de comportements statistiquement proches pour identifier des conséquences en amont de leur survenance. Cela s'explique par la quantification précise de la probabilité, du risque ou de la chance qu'une situation survienne. Les objets connectés permettent en effet une quantification de soi, qui peut être comparée à des modèles de comportements similaires – et leurs conséquences prévisibles – issus de calculs complexes réalisés sur de très grands échantillons de données. Ainsi, une montre connectée mesurant un comportement (activité physique journalière, consommation de tabac, rythme cardiaque) peut être reliée à une application de santé sur un smartphone, qui indiquerait les risques cardiovasculaires, par exemple, du maintien de ce comportement dans le temps. Les personnes, grâce aux objets qui les connectent, ont une cognition renforcée, une meilleure connaissance des conséquences de leurs actions, et sont incitées à se responsabiliser.

La prédiction par l'imagination artificielle. Enfin, les objets connectés et leurs données peuvent prédire parce qu'ils autorisent le déploiement d'une intelligence artificielle. Vos rapporteuses avaient rappelé dans leur rapport précité⁽²⁾ que le croisement des données de santé permet de détecter en amont des maladies : au Canada, le traitement des informations sur l'état de santé de bébés prématurés avec un logiciel d'aide au diagnostic a permis de détecter des infections vingt-quatre heures avant la manifestation de symptômes visibles⁽³⁾. Le croisement de centaines de milliers de dossiers de santé, couplés à des mesures de

(1) Il rappelle également que le succès de Google comme moteur de recherche tient au principe socle de son algorithme Pagerank, qui postule que la meilleure manière de trouver une information sur internet est d'utiliser les liens choisis par les autres internautes pour recommander des sites.

(2) Corinne Erhel et Laure de La Raudière, rapport d'information sur le développement de l'économie numérique française, op. cit.

(3) V. Mayer-Schönberger et K. Cukier. Big Data. A revolution that will transform how we live, work and think, 2013

l'environnement du patient permettra également de faire évoluer les pratiques de diagnostic. De façon plus impressionnante, le croisement de ces données associé à une grande puissance de calcul autorise l'apprentissage autonome – le *machine learning* – et donc la capacité des logiciels de traitement à proposer des diagnostics inédits, selon un cheminement qui dépasse l'entendement humain.

Cette typologie brute des modèles de prédiction que permettent les objets connectés n'est sans doute pas complète : les usages de ces objets connectés sont encore, pour la majorité probablement, à découvrir au gré des innovations de produits et de services. Vos rapporteuses estiment toutefois que c'est sur ce champ que se situe la vraie révolution de l'internet des objets. L'essence de l'homme étant – entre autres – de prendre des décisions, il conviendra de s'interroger sur la place faite aux algorithmes d'intelligence artificielle dans les choix et programmations réalisés à la place de l'homme.

Recommandation n° 3 : Confier au pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME) une mission centrée sur le potentiel prédictif des objets connectés et sur leur impact dans les processus de décisions humaines.

3. L'internet des objets rebat les cartes de la production de valeur économique

a. L'industrie doit achever sa transformation vers les services

L'industrie française accuse un retard en matière de digitalisation, par rapport à ses partenaires européens comme l'Allemagne⁽¹⁾, où le concept d'industrie « 4.0 » a fait florès. Comme le rappelait l'ancien ministre de l'économie, M. Emmanuel Macron, lors du bilan d'étape de l'initiative « Industrie du futur » (Nouvelle France industrielle) du 23 mai 2016 :

« La France a manqué le tournant de la robotisation. Elle doit prendre la première place dans la digitalisation. (...) Les entreprises doivent continuer à se mobiliser : investir, innover, oser, prendre des risques et réconcilier le monde de l'industrie et celui des services, pour offrir non plus de simples produits, mais de véritables solutions ».

En effet, la plupart des analyses économiques montrent que l'intégration d'une offre de services dans la production industrielle est le moyen le plus sûr de réindustrialiser de façon opportune le pays. Dans ce contexte, la transition numérique, portée par l'irruption de l'internet des objets, offre des potentialités inédites pour les entreprises industrielles, au moins à deux titres :

(1) Voir par exemple : Direction générale du Trésor, « L'industrie : quels défis pour l'économie française ? », *Trésor-éco*, n° 124, février 2014

(i) *Faire évoluer les méthodes de production*

L'internet des objets est la garantie de substantiels gains de productivité. Sur les chaînes de production, les objets connectés interviennent dans l'automatisation des tâches : l'apparition de la « cobotique », par exemple, permet à des machines collaboratives qui ne remplacent pas les salariés mais les aident à gagner en efficacité. Airbus a ainsi mis en place des lunettes connectées permettant d'analyser les actions des techniciens pour améliorer leur précision, augmenter leur rapidité d'exécution ou déceler des malfaçons.

En outre, comme cela sera développé dans les parties suivantes, les objets connectés permettent d'exploiter un gisement d'économies, et donc de gains de compétitivité, en matière de surveillance autonome du processus de production, de maintenance prédictive ou de limitation des pertes d'exploitation.

(ii) *Concentrer le modèle économique de l'industrie vers les services*

La vision d'un mode de production où l'industrie et les services sont deux secteurs bien distincts est déjà dépassée depuis plusieurs années ⁽¹⁾. Déjà, dans un rapport de 2009 ⁽²⁾, l'économiste Daniel Cohen anticipait l'apparition d'une « économie de l'usage », née des technologies de l'information et de la communication (TIC) dont l'internet des objets est sans conteste, selon vos rapporteures, un facteur d'accélération. Cette nouvelle économie se caractérise par le fait que « l'activité d'innovation et de conception tend à se déplacer du côté des services. La réorganisation de l'offre et la création de valeur ajoutée sont porteuses d'importants gains de productivité. L'organisation de la chaîne de valeur place l'industrie en position de sous-traitance » ⁽³⁾.

Ce constat se confirme aujourd'hui : l'industrie automobile, par exemple, connaît la menace que le marché se détourne de produits sortis d'usine, où les constructeurs restent les grands donneurs d'ordres, pour préférer des « solutions de mobilité » vendues par de grandes entreprises de services comme Google ou d'autres. Dans ce nouveau modèle économique, l'essentiel de la différenciation de l'offre et de la valeur ajoutée repose sur les services joints, tandis que la construction de l'automobile ne serait plus qu'un maillon de la chaîne de production.

Ce recentrage de la valeur économique sur les services suppose, pour éviter que l'industrie française ne se marginalise face aux offres de services, que les entreprises industrielles s'approprient les services que leur production permet ; s'approprient les données que leurs objets permettent de récolter.

(1) Rappelons qu'une large partie de la baisse des emplois industriels en France tient, en réalité, à l'externalisation, vers des prestataires de services, de tâches auparavant réalisées en interne, comme la restauration, l'entretien des sites ou le transport. Voir par exemple L. Demmou, « Le recul de l'emploi industriel en France entre 1980 et 2007 », Insee, 2011.

(2) Daniel Cohen, « Sortie de crise. Vers l'émergence de nouveaux modèles de croissance », Conseil d'analyse stratégique (CAS – aujourd'hui France Stratégie), octobre 2009.

(3) Daniel Cohen, *ibid.*

Précisément, le mouvement est en cours. Selon Thierry Weil, délégué général de la Fabrique de l'industrie ⁽¹⁾, de plus en plus d'industries vendent de la « fonctionnalité » : Airbus ne vend plus seulement des réacteurs, mais des heures de vol de réacteur garanties au client. Air Liquide, de même, vend la fourniture de gaz nécessaire au fonctionnement d'un procédé. Ces industriels ont en charge de gérer, à l'aide de capteurs communicants, l'optimisation de l'utilisation du produit, sa logistique et sa maintenance.

En outre, les industries qui se concentrent sur le service rendu plutôt que sur le bien industriel lui-même récoltent des données de nature à mieux connaître les besoins de leurs clients et l'usage effectif de leur produit. Ainsi, les entreprises industrielles garantissent la pérennité du lien direct avec leurs clients : en connectant leurs produits et en y associant des services, ils se prémunissent des risques d'intermédiation par des entreprises de services (Amazon, Uber, Google, etc.) et opèrent une montée en gamme de leur offre, dans un contexte de forte concurrence internationale. Le contrôle et l'utilisation adéquate de ces données pourraient donc permettre aux entreprises industrielles d'éviter d'être marginalisées dans la nouvelle chaîne de valeur.

b. Les plateformes numériques confortent leur rôle économique pivot

Toutefois, les entreprises industrielles qui voudront demeurer au cœur de l'écosystème des objets connectés demain ne pourront pas éviter de prendre le virage des plateformes d'intermédiation, qu'elles les développent elles-mêmes ou qu'elles concluent des alliances avec celles qui existent déjà. Ce constat a déjà été effectué par vos rapporteuses dans leur rapport de 2014 précité ⁽²⁾ :

« La plateforme est au cœur des stratégies de croissance, en se situant au fondement de nouveaux services et de nouveaux produits. C'est pourquoi l'un des enjeux du numérique est, pour les entrepreneurs, de parvenir à constituer les plateformes du futur et, pour les entreprises traditionnelles, de se muer en plateformes. Nombre de géants de l'internet tentent d'ailleurs de faire évoluer leur application d'origine vers une plateforme : ainsi convient-il de distinguer l'application Facebook de la plateforme Facebook, qui permet à des développeurs de concevoir des applications accessibles depuis les profils des utilisateurs. L'entreprise américaine Amazon symbolise aussi cette évolution. Initialement, Amazon est une application web spécialisée dans la vente en ligne. Aujourd'hui, elle s'est muée en plateforme, permettant ainsi à des tiers – des particuliers aux grands groupes – de commercialiser leurs produits en bénéficiant des ressources d'Amazon : la réputation, la logistique, etc. Le vendeur a le choix de recourir aux différents services proposés par l'entreprise américaine : le simple référencement, national ou international, le paiement par les moyens d'Amazon, le marketing, la

(1) Thierry Weil, « L'imbrication croissance de l'industrie et des services », note de synthèse de la Fabrique de l'industrie, juillet 2016.

(2) Corinne Erhel et Laure de La Raudière, rapport d'information sur le développement de l'économie numérique française, op. cit.

livraison. Aujourd'hui, la plate-forme Amazon propose également des services d'autoédition, de *cloud computing*... »

Ce constat doit aujourd'hui être complété en intégrant la spécificité des objets connectés. Les acteurs économiques qui parviendront à attirer les concepteurs d'objets connectés, les prestataires de services associés, les développeurs d'application et les utilisateurs au sein d'une même plateforme seront gagnants. De nombreux acteurs du numérique ont lancé leur propre plateforme réservée aux objets connectés : Amazon, Microsoft, Intel ou, en France, Orange et La Poste.

L'exemple le plus régulièrement repris est celui de la voiture connectée. La plateforme à laquelle elle est reliée lui permet, techniquement, d'interagir avec les autres véhicules connectés et objets connectés – le portail qui s'ouvre seul à l'approche, par exemple –, et d'être en relation avec de nombreux prestataires et applications qui complètent le service : places de parking disponibles, contact automatique avec les services de secours, les services d'assurance et de dépannage en cas d'accident, etc. La plateforme agrège et intègre ces différents acteurs, objets et services. Elle est également au cœur de la récupération et du traitement des données émises en quantité massive, et donc au cœur de la valorisation économique de ces dernières.

Recommandation n° 4 : Faciliter l'émergence, au sein du plan « Industrie du futur », d'un groupe de travail composé des grands donneurs d'ordre industriels afin de créer l'ambition d'une plateforme de services industriels à l'échelle européenne.

c. L'essor d'une économie de la donnée

Le développement du numérique et l'augmentation exponentielle des tablettes, smartphones, ordinateurs et objets connectés engendrent des quantités inédites de données, comme cela a été vu dans le développement relatif au *big data*.

Ce mouvement d'essor exponentiel du nombre de données disponibles ne concerne pas que la sphère marchande. En 2015, la Commission européenne a estimé que l'usage marchand des seules données publiques ouvertes constituait un marché de 55,3 milliards d'euros dans l'Union européenne. Avec une croissance moyenne de 36,9 % entre 2016 et 2020, la valeur du marché de l'*open data* public pourrait atteindre 75,7 milliards d'euros en 2020⁽¹⁾. Dans ce contexte, la Commission européenne encourage vivement la réappropriation par les acteurs économiques des données publiques désormais ouvertes pour créer de la valeur, et donc de la croissance.

(1) Portail européen de la donnée, « *Creating value through data. Study on the Impact of Re-use of Public Data Resources* », 2015. Les chiffres proviennent du cabinet de conseil CapGemini.

Dans ce contexte, en novembre 2015, M. Emmanuel Macron, alors ministre de l'économie, de l'industrie, M. George Osborne, alors chancelier de l'Echiquier et Mme Axelle Lemaire, secrétaire d'État au numérique, ont lancé un groupe de travail franco-britannique chargé d'établir un rapport sur la « donnée au service de la croissance ».

M. Henri Verdier, administrateur général des données, et Sir Nigel Shadbolt, directeur du *Jesus College* et co-fondateur de l'*Open Data Institute*, ont été nommés coprésidents et ont remis ce rapport en juillet 2016.

Ils comparent l'apparition d'une économie de la donnée aux grands bouleversements économiques que notre histoire a connus lorsqu'une ressource rare est devenue abondante : le passage de la cueillette à l'agriculture ou encore le passage de la fabrication artisanale à la fabrication en grande série. L'accès plus simple à des données désormais disponibles en grande quantité, et dont le traitement devient de plus en plus aisé, amène ainsi le constat que « la donnée est désormais le fer de lance de la révolution numérique. Comme les autres révolutions industrielles avant elle, la révolution des données transforme notre économie, notre société et nos politiques »⁽¹⁾. La recommandation n° 2 de vos rapporteuses se nourrit de ce constat.

L'exemple des données de paiement

L'entreprise *MasterCard* a développé une nouvelle stratégie d'exploitation des données associées aux paiements, notamment au travers de l'initiative « *Retail Location Insights* » (aperçus de la localisation du commerce de détail). Il s'agit de proposer aux commerçants un service d'aide à l'implantation en leur permettant d'identifier les zones dans lesquelles leur clientèle va potentiellement se trouver.

De même, grâce aux données récoltées à partir du paiement sans contact des consommateurs (dans des pressings en libre-service ou dans des stations-service), l'entreprise a créé une offre permettant de géolocaliser les clients à proximité de ces services pour leur proposer des offres promotionnelles.

Enfin, afin de repérer les opérations suspectes, les algorithmes développés par *MasterCard* permettent de définir automatiquement le profil d'achat des détenteurs de carte bancaire (préférences d'achat, périmètre géographique et heures habituelles de consommation, etc.) pour déceler d'éventuelles usurpations.

Source : *ITEspresso*, « *Smart City : MasterCard a des ambitions data et IoT* », 21 novembre 2016

(1) « La révolution de la donnée au service de la croissance », rapport du groupe de travail franco-britannique sur l'économie de la donnée, juillet 2016

B. DU PRODUCTEUR AU CONSOMMATEUR, L'INTERNET DES OBJETS À CHAQUE ÉTAPE

1. Un marché « *B-to-B* » déjà dynamique, mais avec d'importantes marges de progression

a. « L'alignement des planètes » de l'internet des objets

L'internet des objets est déjà une réalité dans de nombreuses entreprises, qui y ont rapidement vu un enjeu de rentabilité économique, un moteur puissant de croissance et une façon d'assurer la nécessaire digitalisation de leur modèle économique. Comme la partie précédente l'indique, en effet, l'internet des objets va rebattre la donne de la production de valeur, notamment dans le secteur industriel.

En outre, il est possible d'observer une sorte d'alignement des planètes pour un essor rapide de l'internet des objets dans les relations économiques entre entreprises.

(i) L'investissement dans les objets connectés est plus accessible

Pour plusieurs raisons, les offres de « connexion » des processus de production ou des services sont devenues, ces dernières années, plus accessibles aux entreprises.

En premier lieu, le prix des objets connectés est en baisse, du fait de l'entrée importante sur le marché de nouveaux acteurs, dont des grandes entreprises de réseaux ou d'équipementiers (baisse du coût des capteurs, des semi-conducteurs, de la connectivité). De ce fait, la diffusion des objets connectés s'étend en dehors du champ des entreprises technologiques, pour lesquelles les objets connectés étaient au cœur de leur fonction de production, ou de certaines entreprises très capitalistiques, issues du secteur de la défense par exemple.

L'amortissement des investissements dans l'internet des objets devenant plus raisonnable, le calcul coûts/bénéfices bascule donc de plus en plus souvent en faveur de l'équipement en objets connectés.

En second lieu, les objets connectés peuvent irriguer plus facilement le tissu productif grâce à leurs améliorations techniques. Les progrès de la miniaturisation ont permis à l'électronique d'accéder à l'échelle du micromètre, voire du nanomètre : les objets connectés peuvent rendre les mêmes services tout en étant considérablement plus petits.

De même, les efforts conduits pour améliorer l'autonomie de ces objets – tant du point de vue de la batterie elle-même que de l'énergie consommée par les capteurs ou par l'accès au réseau – permettent aujourd'hui d'imaginer des durées de vie sans recharge de plusieurs années, pour les objets aux fonctions les plus sommaires (échange d'informations sur des intervalles de temps définis, et non en

temps réel, objet statique). Pour les autres, notamment les objets les plus sophistiqués (drones, caméras embarquées), nécessitant des temps de réaction immédiats par exemple, les constructeurs en concurrence recherchent la différenciation de leurs nouvelles gammes de produits par une autonomie améliorée à puissance au moins égale, à l'instar des processeurs ou des semi-conducteurs de Qualcomm, de Broadcom ou de STMicroelectronics.

La combinaison de performances techniques accrues et de stratégies d'amortissement plus accessibles s'aligne, en outre, avec une véritable structuration de l'offre aux entreprises.

(ii) L'offre se structure autour d'acteurs traditionnels et de nouveaux acteurs à la recherche de parts de marché

L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP) a mené, concomitamment avec les travaux de la mission, un exercice de cartographie des enjeux de l'internet des objets ⁽¹⁾. L'Autorité a ainsi pu mettre en avant l'apparition d'un écosystème des objets connectés à part entière, où figurent des acteurs historiques (télécommunications, électronique, construction de smartphones) et où apparaissent des acteurs nouveaux, pour constituer une « nébuleuse de l'internet des objets ». Sont dénombrés :

« – Les concepteurs et fabricants d'objets à connecter ;

« – Les fabricants des composants de modules, qui apportent la connectivité aux objets *via* des composants matériels et logiciels embarqués. On trouve parmi ces acteurs les électroniciens, les fondeurs de semi-conducteurs, les fabricants de capteurs ou encore les développeurs de logiciels embarqués assurant la connectivité ;

« – Les opérateurs et équipementiers de réseaux permettant de connecter les objets et les services du *cloud*. On retrouve sur ce segment les acteurs historiques des communications électroniques, à savoir les opérateurs, qui disposent déjà de réseaux qu'ils adaptent pour de nouveaux usages dédiés à l'internet des objets, ainsi que leurs équipementiers traditionnels. Ce segment inclut également des acteurs moins impliqués traditionnellement dans les communications électroniques, comme les gestionnaires de réseaux d'énergie qui mettent à disposition leurs infrastructures de réseaux pour y déployer de nouvelles technologies de communications, ou encore des entreprises nées avec l'internet des objets qui développent leurs propres réseaux dédiés ;

« – Les opérateurs de *cloud* assurant principalement le stockage et le traitement des données brutes. Sur ce segment, les acteurs historiques de l'internet et des serveurs sont concurrencés par de nouveaux acteurs déployant leurs propres infrastructures informatiques ;

(1) ARCEP, « Préparer la révolution de l'internet des objets », livre blanc de novembre 2016

« – Les fournisseurs d’interfaces logicielles, ou de *middleware*, permettant de faire communiquer les différents objets. On retrouve sur ce segment des éditeurs traditionnels de logiciels ;

« – Les intégrateurs qui orchestrent l’ensemble des briques précédentes en assemblant d’abord les différentes couches physiques – objets et capteurs – pour concevoir le produit final, puis peuvent le relier via les réseaux au *cloud*, d’où il est géré et où ses données sont stockées et analysées pour être ensuite exploitées en vue de futurs services. On retrouve sur ce segment les intégrateurs classiques du monde informatique ;

« – Les fournisseurs de services et agrégateurs de données qui exploitent les données des utilisateurs générées par les objets pour répondre à leurs besoins. Les éditeurs classiques de plateformes numériques se sont positionnés sur ce segment ;

« – En parallèle, les acteurs de la sécurité, présents à tous les niveaux de la chaîne, depuis la conception de l’objet jusqu’aux services. Dans le meilleur des cas, ces acteurs issus du monde de la sécurité informatique travaillent en étroite collaboration avec tous les acteurs de la chaîne de valeur. Certains sont par ailleurs absorbés par les acteurs de l’internet des objets ».

La sécurité des objets connectés, inquiétante à plusieurs titres

Les risques portant sur la sécurité des systèmes d’information se sont déjà amplifiés ces dernières années. Il est à craindre que le développement de l’internet des objets n’accroisse encore ces risques :

– *le manque de protection « by design »* (dès le lancement du projet) : aujourd’hui, les solutions de sécurisation des objets connectés ne sont pas la priorité des constructeurs, et ne font pas encore réciproquement l’objet d’une demande clairement identifiée. Le manque de sécurisation des objets connectés ne résulte pas nécessairement d’un manque de vigilance : la sécurité rend difficile le fonctionnement même de certains objets, calibrés pour n’émettre parfois que quelques kilo-octets de données. Le cryptage, qui alourdit le poids des paquets envoyés et reçus, excéderait les capacités de l’objet connecté. En outre, les prestataires de services de sécurité coûtent cher, là où le recours à l’internet des objets est supposé être une source d’économies.

– *la vulnérabilité des systèmes interconnectés* : le piratage d’un objet vulnérable donne potentiellement accès à tous les objets auxquels il est connecté, par effet « domino ». Fin octobre 2016, plusieurs grands sites internet américains (Reddit, Twitter, PayPal) ont été rendus inaccessibles par une attaque de type « déni de service » (DDoS : saturation d’un réseau par l’envoi de très nombreuses requêtes en même temps) qui a eu recours à un grand nombre d’objets connectés du quotidien pour servir de relais à l’attaque ;

– *les risques accrus d’atteinte à la vie privée des utilisateurs* : si l’internet des objets du quotidien peut facilement faire l’objet d’intrusions malveillantes, la quantité d’informations personnelles qui peuvent être récoltées à distance augmente sensiblement (géolocalisation, données de santé, flux vidéos et audios).

— l'impact sur le monde physique, notamment sur les infrastructures critiques : la connexion de réseaux publics (distribution d'eau, de gaz) ou des axes de circulation (feux de circulation, tunnels) renforce de façon inédite les problématiques de sécurité : le piratage de systèmes d'information n'a plus seulement un impact « virtuel » (contrôle des données, blocage des systèmes, installation de logiciels malveillants) ; il peut également représenter une menace physique. Plusieurs attaques récentes ont montré le danger potentiel d'une sécurité insuffisante : augmentation critique de la température de fonderie ; pannes de courant à l'échelle de plusieurs agglomérations ; prise de contrôle de certaines fonctions critiques d'une centrale nucléaire. En dernière date, l'entreprise Verizon a détecté une faille de sécurité dans une usine américaine de distribution d'eau : l'exploitation de cette faille aurait pu permettre de modifier la température de l'eau, sa composition chimique, voire couper entièrement la distribution.

Ce nouvel écosystème de l'internet des objets concentre une création de valeur très importante, et en hausse constante. Les offres de services ou d'équipement des entreprises tierces *via* cet écosystème ont naturellement accompagné ce mouvement. Pour autant, le marché *B-to-B* des objets est-il mûr ?

b. Le potentiel de l'internet des objets apparaît plus clairement aux entreprises

Les avantages de l'internet des objets pour les entreprises ont déjà été dépeints : les objets connectés sont porteurs d'importants gains de productivité et d'économies ; ils permettent aux entreprises d'étendre et de préciser leur gamme de services ; ils améliorent, grâce aux données collectées, la relation à leur clientèle (retours d'expérience, fidélisation, personnalisation de l'offre). L'étendue de la création de valeur des objets connectés pour les entreprises est encore à explorer, mais de nombreuses nouvelles façons de travailler, de produire ou de servir sont déjà identifiées. Les entreprises françaises ont-elles intégré ce potentiel économique ?

En 2015, l'INSEE a étudié la relation des entreprises au *cloud* ⁽¹⁾. Le constat était sans nuance : il y a deux ans, le recours au *cloud* était encore « timide » : parmi les sociétés d'au moins 10 personnes implantées en France, 12 % ont acheté des services de *cloud computing* contre 19 % au niveau européen. L'écart est encore plus marqué avec nos principaux partenaires européens : le taux français est inférieur à celui des sociétés du Royaume-Uni (24 %), d'Italie (40 %) et surtout de Finlande (51 %).

L'INSEE remarque, en outre, que les entreprises ayant recours au *cloud* ont principalement acheté des services « de niveau moyen » (faible dépendance au *cloud*), comme la messagerie interne ou l'hébergement de bases de données. Les services plus avancés, comme les logiciels de comptabilité, de gestion de la relation client ou de recours à une puissance de calcul supplémentaire ne représentaient que 14 % des achats de services de *cloud*.

(1) INSEE, « La timide émergence du cloud computing dans les sociétés en 2014, Insee Première n° 1545, avril 2015

Comme cela a été observé dans les développements précédents, le *cloud* est pourtant au cœur de l'architecture de l'internet des objets : il permet l'intermédiation et l'interconnexion des services des entreprises sur une plateforme ainsi qu'une gestion dynamique des données récoltées par les objets connectés. Partant des conclusions de l'INSEE, il pourrait donc être avancé que les entreprises françaises ne se sont pas encore complètement emparées du potentiel du *cloud*, et à travers lui, de celui des services rendus aux entreprises.

En deux ans, la prise de conscience des entreprises françaises a cependant beaucoup évolué, comme permet de le constater une étude récente du cabinet de conseil PAC, qui se concentre sur le secteur industriel ⁽¹⁾.

Le potentiel des nouvelles données énergétiques

L'essor des compteurs intelligents et de la connexion des infrastructures de réseau a permis de récolter de nombreuses données sur les modes de vie des ménages et sur les stratégies de consommation des entreprises. Cette nouveauté a un impact sur l'ensemble des activités de la filière électrique. Les attentes et comportements des clients, la diversité des modes de production et de services, la gestion des infrastructures et des réseaux, les nouveaux métiers et synergies créés, révolutionnent l'exercice des métiers et des compétences requises.

Dans le domaine de l'électricité, les acteurs du système récupèrent par exemple désormais, des données sensibles qui peuvent être liées à l'exploitation des moyens de production, la cartographie des réseaux ou les données de consommation de clients.

Ces nouvelles informations récoltées ont permis, en premier lieu, d'améliorer et d'optimiser la performance de la chaîne production et de distribution du système électrique, en second lieu, de développer des offres, des services ou des produits plus adaptés aux besoins des clients, cela étant rendu possible par le traitement des informations laissées par les utilisateurs sur le réseau. En effet, les acteurs de l'électricité sont désormais convaincus que la valeur des services de données dépend de la capacité à croiser des données de différentes sources : tous les secteurs doivent participer au mouvement de partage des données. Pour mieux appréhender les besoins globaux des consommateurs, les données issues du monde de l'énergie sont de plus en plus rapprochées de celles d'autres secteurs/usages (télécoms, mobilité,...). L'enjeu réside dans le besoin d'établir les connexions les plus judicieuses entre les données pour en tirer le maximum de valeur au plan économique, environnemental et sociétal.

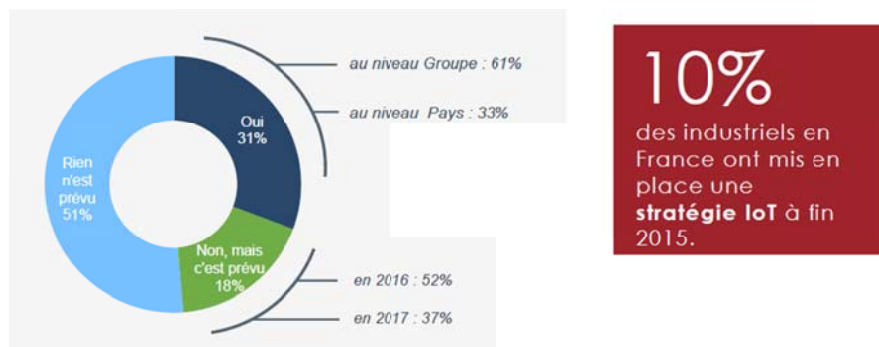
(1) PAC, « *IoT : quelle réalité pour le secteur industriel en France ?* », mars 2016

Pour gérer les nombreuses informations qu'ils ont à leur disposition les acteurs de l'électricité ont créé des logiciels pour traiter les données. L'entreprise Réseau de transport d'électricité (RTE) a par exemple déployé Eco2mix, qui permet à ses utilisateurs de suivre gratuitement et en temps réel, sur internet et sur supports mobiles, la production et la consommation d'électricité en France. Les nouvelles versions de l'application permettent depuis 2015 de consulter, entre autres, en temps réel les productions éolienne et photovoltaïque des 13 nouvelles régions administratives de France métropolitaine.

Source : contribution écrite de l'Union française de l'électricité

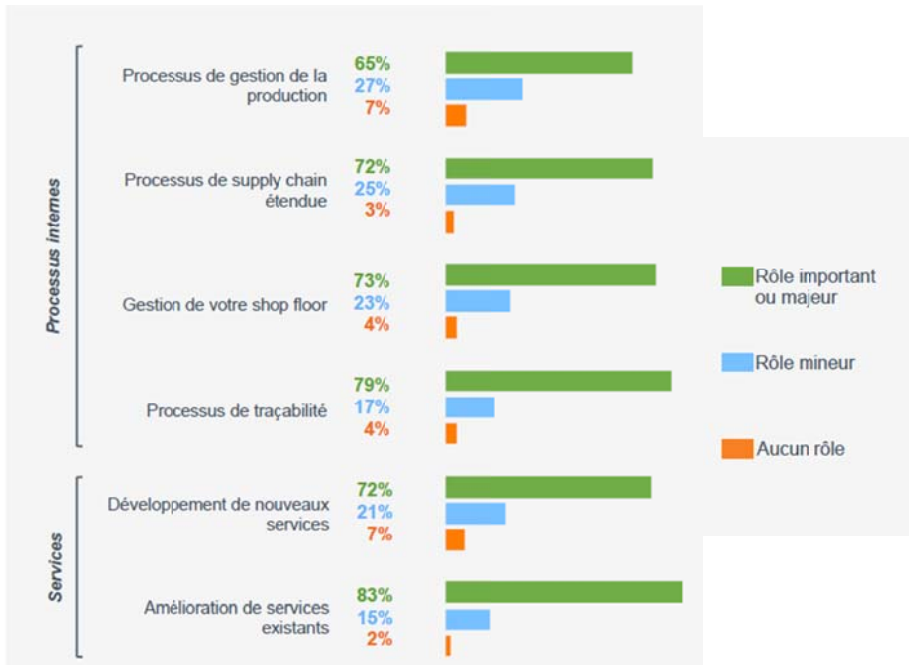
Selon cette étude, si l'internet des objets est « un domaine complexe à appréhender pour les offreurs », le niveau de maturité des industriels français sur le sujet est en voie d'amélioration. La même étude, s'appuyant sur des données tirées d'un panel de 150 entreprises industrielles françaises employant plus de 5 000 personnes, en fournit deux démonstrations :

— encore peu d'entreprises ont mis en place une stratégie « objets connectés » à part entière. Toutefois, le graphique ci-dessous illustre que la réflexion est en cours :



Source : PAC, 2016

— même si les entreprises industrielles interrogées n'ont pas explicité une stratégie d'investissement, de réorganisation des processus productifs, de réorientation de la chaîne de valeur (offre de nouveaux services, par exemple), le potentiel de l'internet des objets, lui, est bien mieux identifié. Le graphique ci-dessous porte sur le rôle qu'est amené à jouer l'internet des objets dans les processus internes et dans les services :



Source : PAC, 2016

La dynamique est donc en marche, ce que permettent d'illustrer, en dehors du secteur industriel, les évolutions récentes du secteur agricole.

Recommandation n° 5 : Charger la direction générale des entreprises d'élaborer et de diffuser un guide de promotion de l'internet des objets auprès des petites et moyennes entreprises (PME) et des entreprises de taille intermédiaire (ETI) industrielles, tourné vers les gains de productivité et l'amélioration de l'offre de services.

c. L'exemple d'une filière traditionnelle en transition vers l'internet des objets : l'agriculture

Un rapport commandé en 2015 par le Gouvernement ⁽¹⁾ pointe notamment l'importance du développement des objets connectés pour améliorer l'efficacité et l'impact environnemental de l'agriculture française : robotique agricole, croisement et traitement de données, amélioration de la prise de décision (connaissance plus fine des processus agronomiques, visibilité en temps réel). Par exemple, les capteurs connectés dans les exploitations agricoles vont permettre de livrer des informations précises sur les niveaux d'acidité, de pluviométrie, les températures ou tout autre variable pouvant être mesurée et permettant

(1) Mission gouvernementale « Agriculture Innovation 2025 », 30 projets pour une agriculture compétitive et respectueuse de l'environnement, octobre 2015

d'augmenter la productivité des champs ou des élevages ou encore de plus facilement respecter les réglementations en vigueur.

Les agriculteurs semblent avoir pris la mesure du potentiel de la digitalisation de leur secteur. Selon une étude de 2016 de l'Ipsos⁽¹⁾, la communauté agricole interrogée est connectée avec en moyenne quatre équipements de « *e-Farming* », et seuls 12 % de ces agriculteurs n'ont recours à aucun équipement connecté. Si l'on détaille les solutions de connexion dont disposent les agriculteurs, 60 % ont déjà acquis un système de gestion d'exploitation et de guidage par géolocalisation (GPS ou *via* antennes de réseaux bas débits) ; 40 % des outils d'aide à la décision et 20 % des solutions de gestion ayant recours au *cloud*.

En outre, 65 % des agriculteurs interrogés affirment leur intention de s'équiper dans les prochaines années, avec une prédilection pour les objets connectés aux machines agricoles, aux animaux d'élevage ou aux bâtiments agricoles. Ainsi, près d'un éleveur sur trois souhaite munir son troupeau de capteurs connectés, et un sur deux souhaite recourir à un logiciel de gestion centralisé.

Cet intérêt massif s'explique par les gains de temps, la rationalisation de l'usage des intrants, par des gains de productivité et d'efforts permis par les solutions connectées ; en outre, les agriculteurs organisés collectivement – en coopérative agricole par exemple – peuvent plus rapidement amortir l'acquisition d'équipements partagés. Selon la Fédération nationale des coopératives d'utilisation du matériel agricole (CUMA)⁽²⁾, on dénombrait en 2013 plus de 11 000 CUMA en France (124 en moyenne par département) – un chiffre stable, ces coopératives ayant tendance à fusionner pour atteindre une taille critique et accéder à davantage d'investissements productifs.

Vos rapporteurs ont auditionné le *think tank* « Renaissance numérique », auteur d'un livre blanc sur le sujet⁽³⁾. Ce dernier constate que les agriculteurs français ont une réelle appétence pour les objets connectés, qui représentent une part essentielle de leur transition numérique. L'étude permet également de mesurer l'ampleur des possibilités pour transformer en profondeur le modèle économique des exploitations agricoles, avec des gains de productivité très importants : systèmes d'irrigation connectée ; robotisation ; niveau de stress des parcelles viticoles ; risques d'attaques d'insectes... Enfin, ce livre blanc fournit également un panorama assez complet des jeunes entreprises françaises qui ont investi le terrain de l'agriculture connectée.

(1) Ipsos, « *L'innovation est déjà dans le pré* », septembre 2016

(2) FNCUMA, Rapport d'activité 2015, mai 2016

(3) *Renaissance numérique*, Les défis de l'agriculture connectée dans une société numérique, novembre 2015

AirInov, startup devenue leader de la cartographie agronomique

L'entreprise a créé des capteurs pouvant être montés sur des drones Parrot – une autre entreprise française ayant connu un franc succès dans l'internet des objets, et qui a massivement investi dans le développement professionnel de ses drones. La cartographie des champs que le survol des drones permet de réaliser livre de nombreuses données aux agriculteurs : besoins en engrais de chaque parcelle, dommages provoqués par les animaux sauvages ou les intempéries ; indices de biomasse et hauteur des plants, etc. Les drones devraient également permettre d'agir directement sur les parcelles, par exemple pour larguer des intrants agricoles.

1 000 « agridrones » pourraient, dans les prochaines années, équiper près de 30 000 agriculteurs, principalement des céréaliers.

Cependant, l'agriculture connectée est un secteur qui dépend particulièrement d'une couverture réseau efficace, qui n'est aujourd'hui pas garantie : les zones à couvrir sont parfois très vastes et très majoritairement situées en territoire rural, où les efforts de déploiement des opérateurs sont moindres que dans les zones plus denses.

Par exemple, sous l'impulsion de la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir, un partenariat a été signé avec Objenious, la filiale « IoT » de Bouygues Telecom, afin de couvrir l'ensemble du département sur le réseau LoRa, dédié aux objets connectés. Agriculteurs, collectivités et entreprises auront ainsi la possibilité de connecter un grand nombre de capteurs pour des usages liés à l'agriculture.

Recommandation n° 6 : Encourager les opérateurs de télécommunications et les entreprises qui déploient des réseaux bas débit à créer des partenariats avec les organisations agricoles les plus importantes pour accompagner l'offre de services et d'équipements agricoles connectés de la garantie d'une connectivité performante.

2. Un marché « B-to-C » qui peine à gagner en maturité

a. Un potentiel annoncé qui se heurte à une demande encore fragile

Le marché des objets connectés à destination des consommateurs (*B-to-C*) connaît une situation paradoxale : d'une part, un effet de mode et un engouement médiatique important pour ces objets insolites qui facilitent la vie ; d'autre part, une certaine fébrilité des consommateurs pour des objets dont la plus-value, rapportée au prix des produits, n'apparaît pas manifeste.

Selon le cabinet d'études GfK ⁽¹⁾, les efforts de marketing des fournisseurs d'objets connectés et de vente au détail n'ont pas permis d'atteindre les résultats escomptés. En France, le marché de l'objet connecté domotique et électroménager

(1) Prévisions de marché présentées à l'occasion du salon Medpi, mai 2016

a connu un doublement de sa croissance, mais il reste un marché de niche : 1 % du chiffre d'affaires de l'électroménager et 5 % du marché de la domotique.

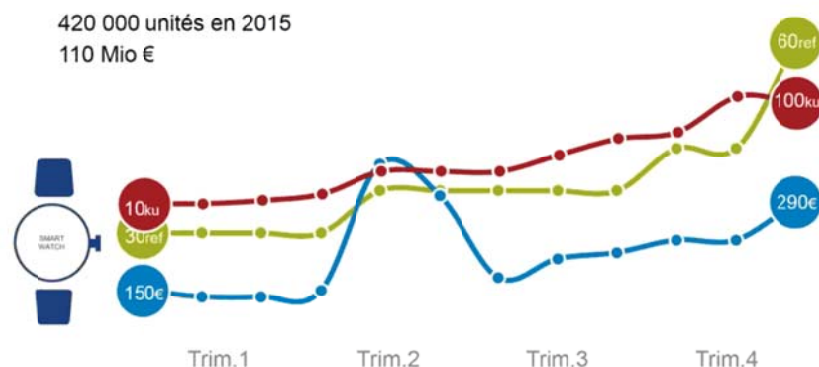
Pourtant, toujours selon les résultats de GfK, les consommateurs français sont 75 % à être intéressés par le concept de la maison connectée. Les freins identifiés sont une offre trop restreinte, des circuits de distribution limités et un prix qui indique un positionnement trop haut de gamme.

À ce titre, le relatif échec commercial des *Google glass* (lunettes connectées), finalement retirées de la vente, ou de l'*Apple watch* (montres connectées), onéreuse et peu autonome – pour ne citer que les produits ayant eu la plus grande répercussion médiatique – a illustré le fossé qui existe entre la « révolution » annoncée et la réalité des usages.

Un marché semble connaître une maturité plus avancée : les objets connectés portables, les *wearables*, permettant la quantification de soi. Même si la montre connectée d'Apple n'a pas « cassé » le marché comme annoncé, les offres de montres connectées se diversifient, de l'entrée de gamme au haut de gamme.

Les smartwatches en 2015 : une montée en puissance 'douce'

Evolution des ventes de montres connectées (volume, nb de références, prix moyen)



Panel GfK Consumer Choices – 100%
© GfK Mai 2016 | Conférence de Presse - Medip

4

Mais ce sont les *wearables*, plus abordables et offrant un service spécialisé, dont l'usage est mieux identifié par les consommateurs, qui connaissent un plus grand succès. Selon un communiqué récent du cabinet IDC ⁽¹⁾, le marché des objets connectés portables se segmente en deux catégories d'offres : d'une part, les montres connectées visant à offrir un service général (musique, envoi de messages, accès à internet) et, d'autre part, les montres, bracelets, textiles intelligents à usage plus ciblé, ces derniers connaissant la plus forte croissance, tirée par les producteurs Fitbit et Xiaomi.

(1) IDC, « Worldwide wearables market increases 67.2 % amid seasonal retrenchment », mai 2016

**CLASSEMENT DES FABRICANTS D'OBJETS CONNECTÉS PORTABLES (WEARABLES)
(EN MILLIONS D'UNITÉS)**

Vendeur	Premier trimestre 2016		Premier trimestre 2015		Croissance sur un an
	Unités vendues	Parts de marché	Unités vendues	Parts de marché	
Fitbit	4,8	24,5 %	3,8	32,6 %	25,4 %
Xiaomi	3,7	19,0 %	0,26	22,4 %	41,8 %
Apple	1,5	7,5 %	nc	0,0 %	Nc
Garmin	0,9	4,6 %	0,7	6,1 %	27,8 %
Samsung	0,07	3,6 %	0,7	5,8 %	4,5 %
BBK	0,7	3,6 %	nc	0,0 %	Nc
Autres	7,3	37,2 %	3,9	33,1 %	87,9 %
Total	19,7	100 %	11,8	100 %	67,2 %

Source : IDC Worldwide Quarterly Wearables Tracker, mai 2016

Nc : non connu

Il s'agit de produits proposant essentiellement des services de pistage d'activité, comme la fréquence cardiaque, la distance parcourue, la vitesse de déplacement ou les calories brûlées. Pour un usage sportif ou de surveillance de soi, ces objets connectés allient service innovant, prise en main rapide et prix raisonnables. Ils fonctionnent car ils accompagnent une dynamique sociale qui allie volontiers préoccupations de santé et bien-être, ainsi qu'une culture de la performance et du dépassement. Reliés à des applications soignées, ces objets connectés permettent de mesurer sa progression, l'évolution de ses performances, de donner plusieurs statistiques utiles, d'effectuer un tracé GPS du parcours réalisé et, naturellement, permettent d'en partager les résultats sur les réseaux sociaux traditionnels ou spécialisés. La demande est plus structurée et, en conséquence, l'offre s'ajuste. La croissance du marché est importante – 65,1 % entre 2015 et 2016 pour les *wearables* basiques – et la concurrence demeure très vive.

Comment expliquer cette situation ? Comme beaucoup de marchés émergents de produits de consommation, plusieurs facteurs permettent de justifier la fragilité du marché des objets connectés domestiques.

(i) *Une valeur d'usage encore trop incertaine*

Les consommateurs potentiellement intéressés par les objets connectés recherchent un service. Le risque commercial actuel est « l'effet gadget » : aujourd'hui, beaucoup d'objets connectés, associés à une demande de niche – un public de connaisseurs, de technophiles –, sont faiblement utilisés, parce que les services qu'ils rendent présentent une faible valeur ajoutée ou parce que leur caractère ludique s'efface avec le temps.

La boîte à œufs connectée

Coûtant près de 50 euros, la boîte à œufs *EggMinder* est équipée de 14 capteurs pour être en mesure d'indiquer sur le smartphone de l'utilisateur, en temps réel, la quantité d'œufs qui lui reste à disposition. Des lumières LED permettent de se souvenir quels œufs ont été stockés en premier, et donc sont à consommer en priorité. La boîte fonctionne à partir de piles et nécessite une application dédiée.

De fait, l'offre actuelle d'objets connectés propose davantage de produits issus de la consommation courante (montres, balances, interrupteurs, thermostats) augmentés d'une part connectée, intelligente, qui améliore à la marge le service rendu. En somme, les innovations de produits associés aux objets connectés sont davantage de nature incrémentale (une qualité de service améliorée, un caractère ludique, un confort supplémentaire) que de nature radicale, c'est-à-dire à même d'apporter un service véritablement nouveau.

(ii) Un désintérêt rapide

Le corollaire d'objets connectés finalement peu utiles aux consommateurs est l'épuisement rapide de l'intérêt que ces derniers y portent. Lors d'une intervention au salon SIDO, en avril 2016, le fondateur de l'entreprise *Sen.se* et un des pionniers des objets connectés, Rafi Haladjian, caractérisait le cycle de vie d'un objet connecté aujourd'hui. La première phase est la « révélation » : le consommateur est fasciné par le produit, son design, le service qu'il rend, sa facilité d'utilisation. La deuxième phase est la « traversée du désert » : le consommateur a tiré tous les bénéfices de l'objet connecté à court terme (comportement adapté, habitudes prises), et le désintérêt à son égard augmente à mesure qu'il faut l'entretenir (le recharger, le connecter à de nouveaux objets ou terminaux) sans percevoir de bénéfices supplémentaires. La troisième phase correspond à un « regain d'intelligence » : la collecte des données individuelles par l'objet permet de renouveler ses usages (statistiques de long terme, nouvelles fonctionnalités) et d'en tirer le potentiel maximum. Le paradoxe se situe dans le fait que l'objet est souvent oublié avant de parvenir à cette troisième phase. Comme le rappelait le spécialiste des stratégies de l'innovation Olivier Ezratty, qui débattait avec Rafi Haladjian ce jour-là, la « loi de la brosse à dents de Google » prévaut pour les objets connectés : un produit n'est intéressant à commercialiser que si l'utilisateur s'en sert quotidiennement.

(iii) Une durée de vie insuffisante

Ce facteur renvoie à la fois à la problématique de l'autonomie et à la problématique de la succession rapide des générations d'objets connectés. Tandis que pour certaines entreprises qui déploient des objets connectés de veille ou de surveillance, le principal intérêt des objets connectés est une durée de vie, sans recharge, de plusieurs années, les utilisateurs de montres connectées sont confrontés à un choix : disposer de plus de services connectés sur le même appareil oblige à concéder de fortes pertes d'autonomie par rapport à un objet

connecté plus basique. L'autonomie est d'ailleurs un des critères les plus fréquemment observés pour arrêter sa décision d'achat.

La durabilité de la montre *Go* de Withings comme argument de vente

L'entreprise française Withings, récemment rachetée par Nokia, a souhaité innover sur le marché déjà très encombré des montres connectées en proposant un produit dont la principale valeur ajoutée est son autonomie : tandis que la durée de vie de la batterie de la plupart des montres sur le marché n'excède pas quelques jours, voire quelques heures en cas d'utilisation intensive, la montre *Go* présente une durée de vie de huit mois. Cette performance tient à l'utilisation d'une faible consommation énergétique de son écran.

Ses fonctionnalités sont les mêmes que la plupart des produits disponibles : tracer les distances parcourues ou le temps de sommeil par exemple. L'application dédiée *Withings Health Mate* reçoit automatiquement ces données, et, en plus de les agréger à des fins statistiques, propose également des objectifs à atteindre.

Le marché des objets connectés aux consommateurs étant très jeune, et très technologique, la propension à y proposer des innovations de produits fréquentes explique l'essentiel de la deuxième problématique : l'obsolescence rapide des objets connectés. Certes, à l'ère d'internet, les équipements informatiques ou les terminaux ont une durée de vie qui excède rarement cinq ans. Mais sur un marché qui attire beaucoup de nouveaux entrants – des startups pour la plupart –, et où la différenciation se fait par l'innovation et le déclassement de la concurrence, les consommateurs potentiels peuvent être tentés de différer leurs décisions d'achat par crainte d'avoir une technologie ou une qualité de service dépassée trop rapidement.

Le temps devrait permettre de rapprocher les perspectives manifestes de croissance du marché *B-to-B* et celles, plus balbutiantes, du marché *B-to-C*. C'est d'ailleurs le levier traditionnel de diffusion des nouvelles technologies de l'information et de la communication : les offres grand public gagnent en maturité grâce à l'avancée des offres dans le marché aux entreprises, ce dernier, de moindre ampleur, permettant notamment de tester les innovations techniques, la qualité des réseaux et la robustesse des produits.

b. Comment lever les freins du marché des objets connectés B-to-C ?

Le marché des objets connectés à destination des consommateurs doit donc évoluer pour que les potentialités de l'offre correspondent à une demande plus mûre. À cette fin, plusieurs freins doivent être levés.

(i) Aller vers une logique de « hub » de services

La plupart des experts que vos rapporteuses ont rencontrés rappellent que les usages individuels des objets connectés restent encore, pour l'essentiel, à découvrir. Ils rappellent également que ces usages tiendront, pour beaucoup, à la capacité de l'internet des objets à proposer des gammes de services plus

complètes. En somme, les objets connectés du quotidien doivent avoir la capacité d'interagir entre eux, alors même qu'ils peuvent être issus de marque, de conception ou de connexion différentes. À cette condition, l'internet des objets prendra forme et démultipliera le potentiel de services.

Le *Family Hub* de Samsung : une logique de gamme de services

Le réfrigérateur de Samsung contient, intégrée dans sa porte, une tablette connectée de grande taille et de haute définition, autorisant de relier la fonction traditionnelle de maintien du froid à au moins quatre catégories de nouvelles fonctions : gérer la nourriture disponible, partager les activités familiales, se divertir et connecter les autres objets de la maison.

L'écran permet de visualiser l'intérieur du frigo – grâce à trois caméras intégrées, et chaque ouverture ou fermeture de la porte met à jour ce contenu, visible à distance sur son smartphone. L'écran permet également de mettre à jour (manuellement) un agenda de péremption des produits stockés pour être alerté en cas de risque de dépassement.

La dimension « partage en famille » a été conçue par Samsung en partant de l'idée que la cuisine est un lieu central de la vie familiale : le réfrigérateur permettra donc de partager le calendrier des activités, de la musique ou des photos, et permettra d'envoyer des messages ou de téléphoner – l'ensemble des smartphones de la famille pouvant y être connecté.

La fonction de divertissement est plus simple, mais tout aussi utile : il s'agit de visualiser sur l'écran le même contenu que la télévision du salon – à condition de disposer d'une télévision *SmartTV* de la même marque.

Enfin, l'idée de *hub* familial se croise avec celle du *hub* de prestations de services. Ainsi, l'application *Groceries* (courses) de Mastercard est préchargée sur la tablette du réfrigérateur : sans se déplacer, il est possible depuis son réfrigérateur d'effectuer des courses chez les commerçants partenaires de l'application. L'ambition du produit est de pouvoir centraliser la gestion de tous les objets connectés de la maison (aspirateur autonome, chauffage, lave-vaisselle) sur l'écran du réfrigérateur.

Ce besoin d'un « *hub* » de services s'illustre bien avec la voiture intelligente, très en avance sur les autres biens de consommation en matière d'internet des objets. Cela tient à ce que les constructeurs automobiles ont l'avantage d'avoir la faculté d'intégrer en amont, dans l'architecture de la voiture, des technologies connectées reliées à un unique logiciel de bord, afin de proposer une gamme complète de services intégrant de nombreux objets connectés.

Les défis techniques et commerciaux sont autrement plus importants pour les fabricants d'objets connectés domotiques, par exemple. Les offres complètes de maison connectée, encore rares, ne rencontrent pas de demande lisible, tandis que les objets à service unique (bracelet connecté ou balance intelligente) sont plus facilement identifiés par les consommateurs, mais pas encore reliés avec des objets connectés d'univers de consommation différents. Pourtant, l'association d'un bracelet connecté, porté lors d'une course à pied, à la serrure intelligente qui se déverrouillerait à l'approche de l'utilisateur, sans passer par l'intermédiaire de son smartphone ou de sa clé connectée, apporterait un surcroît de service.

De façon plus générale, il ne s'agira plus demain d'associer seulement son smartphone à un ordinateur personnel, à une station de musique à distance, mais d'associer cinq, dix voire quinze objets commandés au travers d'une unique application ou d'un unique terminal. Ces objets devront, en outre, être capables d'interagir entre eux en autonomie, c'est-à-dire sans que cette interaction ne doive transiter par une intervention de l'utilisateur ; sans qu'il doive, en bout de chaîne, effectuer l'appareillage des produits entre eux. Toutefois, l'interconnexion et la compatibilité technique des objets entre eux sont aujourd'hui encore problématiques, tandis que des évolutions de connectique ou de système d'exploitation peuvent apparaître selon les générations d'objets connectés.

Cette nécessaire « convergence » de l'internet des objets explique l'apparition, dans l'écosystème des objets connectés, d'opérateurs spécialisés, qualifiés d'agrégateurs, qui formulent une offre d'interopérabilité des objets entre eux sur une plateforme spécifique, dont ils gèrent, en particulier, les interfaces de programmation (API, selon l'acronyme anglo-saxon).

L'argument commercial des produits de *Sen.se* : la compatibilité

Il y a deux ans, l'entreprise a développé Mother, un petit objet connecté de maison, prenant la forme d'une poupée russe *high tech*, et faisant fonction de centrale de petits capteurs disposés ailleurs dans la maison. Le produit s'est heurté aux principaux obstacles du marché *B-to-C* : trop onéreux, peu utile quoique joli, difficile à prendre en main.

Plus récemment, tirant les leçons de cette première expérience, *Sen.se* a lancé une gamme de petits capteurs, les *Peanuts* (cacahuètes, d'après leur design), peu chers et surtout indépendants d'une centrale connectée. Ils peuvent être reliés *via* une application unique sur smartphone et, surtout, sont compatibles avec de nombreux objets connectés issus de producteurs différents.

Ainsi, le principal capteur commercialisé est le *ThermoPeanut* : il permet de mesurer la température dans chaque pièce où il n'y a pas de thermostat, mais peut être associé, au travers de la plateforme de services IFTTT, à de nombreux autres objets connectés (ampoules *Philips Hue*, thermostats *Nest*, prises et interrupteurs connectés de *Belkin*, par exemple) et à d'autres applications mobiles. Ainsi, l'utilisateur peut véritablement personnaliser les services domotiques que ses objets connectés lui rendent.

Le succès des objets connectés sur le marché *B-to-C* dépendra donc de la capacité des exploitants à gérer ces questions de compatibilité dans les différents stades de production (connectivité, exploitation logicielle, échange des données, partage d'une plateforme de services). Les normes et les protocoles qui s'appliquent doivent être suffisamment standardisés pour s'appliquer à un vaste champ d'objets connectés commercialisés.

Recommandation n° 7 : Le Gouvernement devrait encourager les grands acteurs français de l'internet des objets (opérateurs de réseaux, équipementiers, constructeurs) à rejoindre l'Alliance européenne pour l'innovation de l'internet des objets (AIOTI), composée d'entreprises mondiales et lancée par la Commission européenne, pour faire valoir les intérêts français en matière de standardisation des normes et d'interopérabilité des objets connectés.

(ii) *Ergonomie, design et accessibilité*

Le *Family Hub* présenté ci-dessus est proposé, en entrée de gamme, à 3 500 euros. Pour avoir accès à l'ensemble des services associés, ce réfrigérateur coûtera 6 000 euros. Les objets connectés entrent naturellement, comme tous les produits de haute technologie, dans la catégorie des biens supérieurs⁽¹⁾, mais l'apparition d'une demande de masse dépendra de leur accessibilité financière. Il faut espérer que la concurrence importante sur le marché *B-to-C* autorisera une baisse des prix ainsi qu'une offre plus diversifiée, moins concentrée sur le haut de gamme. C'est déjà le cas sur le marché des montres connectées, par exemple. En définitive, les consommateurs doivent trouver un prix du produit qu'ils estiment cohérent avec les services apportés par l'objet connecté – notamment si ce produit permet de réaliser des économies.

Le thermostat intelligent se traduit par un gain de pouvoir d'achat

La nouvelle génération de thermostats intelligents permet d'augmenter d'un cran la qualité de service offerte aux consommateurs. C'est le cas de *Nest* ou de *Ween*, qui développent des thermostats qui devraient permettre de réaliser jusqu'à 25 % d'économies sur les factures d'énergie.

La startup française *Ween* apporte un degré d'intelligence inédit à son produit, en le reliant à la fonction de géolocalisation du smartphone de l'utilisateur. Ainsi, le chauffage peut automatiquement baisser lorsque les occupants quittent la pièce, et progressivement se remettre en marche lorsqu'ils sont à l'approche de leur domicile. La température est adaptée en temps réel, même dans des pièces différentes, selon les déplacements de chacun.

D'autres éléments que le prix entrent en ligne de compte pour créer une demande auprès du grand public. Les objets connectés n'apportent pas seulement une plus-value technologique, ils doivent soit s'effacer – la connexion est invisible, comme pour les meilleurs textiles intelligents, où les capteurs sont intégrés, et non superposés, au tissu – soit être élégants. C'est une préoccupation fondamentale des fabricants d'objets connectés : rendre leurs produits beaux ; faire oublier aux consommateurs le concentré technologique qu'ils tiennent entre les mains.

(1) La consommation des biens supérieurs (cosmétique, technologies, luxe) augmente plus que proportionnellement au niveau de revenu.

Cette demande du grand public n'est pas superficielle : elle est associée à une demande d'ergonomie vers toujours plus de naturel. Le lien entre le geste et la commande souhaitée est minimaliste ; la prise en main, instantanée ; les efforts, réduits au strict nécessaire. L'internet des objets est, à ce titre, la marque d'une technologie devenue « calme » ⁽¹⁾.

Recommandation n° 8 : Inciter l'Institut français du design, qui remet chaque année de nombreux prix Janus pour promouvoir le design français dans l'industrie, à créer un prix pour le design d'objets connectés dans chaque grande catégorie de la compétition (industrie, santé, cité, service, commerce).

(iii) *L'enjeu de la couverture réseau*

La France, plutôt bien positionnée en moyenne par rapport à ses partenaires économiques en matière de réseau de télécommunications et d'infrastructures fixes, doit s'assurer du déploiement du réseau très haut débit sur tous les territoires, mais aussi des réseaux bas débits, spécifiques aux échanges de données des objets connectés « simples ».

Toutefois, la multiplication du nombre d'objets connectés va nécessiter des évolutions technologiques pour garantir une connectivité adéquate et des réseaux de télécommunications suffisamment robustes. La prochaine partie étudiera, en particulier, les nouveaux horizons technologiques à destination des objets connectés.

Mais les infrastructures réseaux devront être déployées en quantité et en qualité suffisantes et, notamment, assurer une couverture de l'ensemble de la population. Ce débat, qui n'est pas encore éteint pour des générations de réseaux comme la 2G ou le 3G, notamment en zones rurales ou de montagne, trouvera vraisemblablement à se ranimer vivement si les services apportés par les objets connectés – songeons aux services publics, comme la *e-santé* ou l'amélioration du maintien à domicile des personnes âgées – ne peuvent être déployés en raison de problèmes de connexion.

(1) Voir ci-dessous : M. Weiser, J. S. Brown, « *Designing Calm Technology* », Xerox, 1995

Le recours aux technologies satellitaires, une opportunité pour la couverture de l'internet des objets ?

Vos rapporteuses ont auditionné Eutelsat, troisième opérateur mondial de satellites de télécommunications, pour envisager l'apport de la connexion des objets connectés par voie satellitaire. Ces enjeux ont été retranscrits dans la contribution du groupe au livre blanc de l'ARCEP sur les objets connectés ⁽¹⁾ :

« À 500 km d'altitude, un satellite peut voir à travers sa couverture radio une zone de plus de 2000 km de diamètre, là où la portée d'une cellule de réseau radio terrestre ne dépassera pas quelques dizaines de kilomètres. La technologie satellitaire est donc particulièrement pertinente pour adresser des marchés ayant des opérations à l'échelle globale (logistique, suivi de marchandises, transport, véhicule connecté) ou étant mal desservis par les réseaux terrestres (agriculture, extraction pétrolière, sécurité maritime et aérienne, zones de conflit). (...) »

« La valeur ajoutée de la technologie satellitaire s'exprime également sur [la résilience de la connectivité]. En effet, avec leur excellent niveau de continuité de service et leur affranchissement physique des crises et catastrophes naturelles qui peuvent intervenir sur une géographie et à un moment donnés, les réseaux satellitaires peuvent être aisément et immédiatement mobilisés pour pallier la rupture ponctuelle des réseaux terrestres de communications. »

Cette problématique de couverture se dessine au niveau le plus local – les zones reculées du territoire – mais également au niveau le plus global : l'internet des objets ne pourra pas prospérer sans accords d'itinérance de ses réseaux à l'échelle transnationale.

L'ARCEP a déjà souligné cette nécessité. Ainsi, dans le livre blanc de 2016 consacré à ce sujet ⁽¹⁾, ses rapporteurs indiquaient : « Les acteurs ont saisi l'enjeu d'une couverture étendue, continentale, nécessaire à la création d'un marché suffisamment vaste, afin de générer des économies d'échelle et permettre la baisse des prix des terminaux et de la connectivité. Par ailleurs, cette couverture transnationale sera un impératif pour certains usages, tels que le véhicule connecté ou le suivi de marchandises ». L'Organe des régulateurs européens des communications électroniques (ORECE), dont l'ARCEP assurera la présidence en 2017, devra jouer un rôle moteur dans le cadre juridique fixé par le règlement « télécoms » du 25 novembre 2015 ⁽²⁾. L'Autorité formule plusieurs orientations à cette fin, auxquelles vos rapporteuses se rallient.

c. Une confiance des Français dans l'internet des objets à renforcer

En octobre 2016, la Caisse des dépôts et consignations, La Poste et l'Association pour l'économie numérique (ACSEL) ont rendu publique la

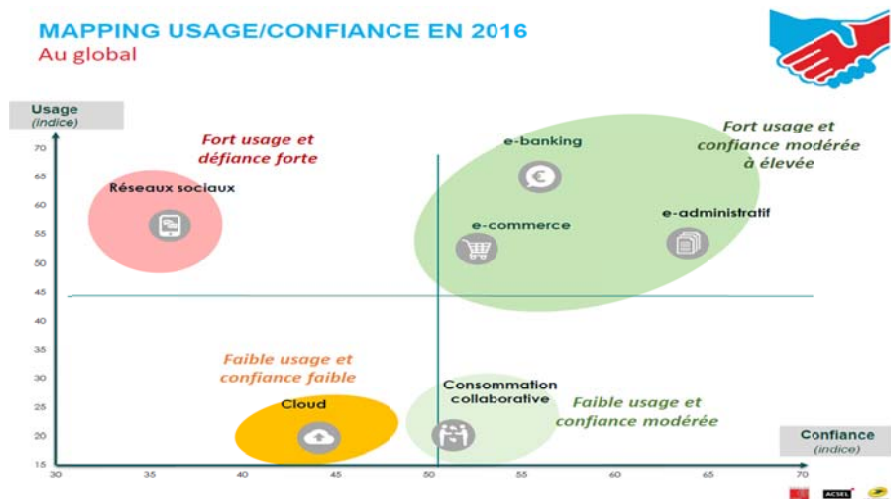
(1) ARCEP, « Préparer la révolution de l'internet des objets », op. cit.

(2) Règlement (UE) n° 2015/2120 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 établissant des mesures relatives à l'accès à un internet ouvert et modifiant la directive 2002/22/CE concernant le service universel et les droits des utilisateurs au regard des réseaux et services de communications électroniques et le règlement (UE) n° 531/2012 concernant l'itinérance sur les réseaux publics de communications mobiles à l'intérieur de l'Union

septième édition du baromètre de la confiance des Français dans le numérique, à partir d'une enquête de l'institut Harris Interactive ⁽¹⁾.

Ce baromètre permet d'établir qu'en 2016, 83 % des Français sont connectés à internet ; parmi eux, 87 % s'y connectent tous les jours. Cette proportion est proche de 100 % pour les 15 à 39 ans.

La force de ce premier constat est cependant atténuée par les résultats suivants. Premièrement, la confiance des Français dans le réseau internet est décorrélée de leurs usages : si une très large majorité des internautes se connectent tous les jours, 37 % seulement sont confiants dans l'usage d'internet (une donnée en repli de trois points depuis la dernière enquête). En particulier, 54 % des utilisateurs sont « gênés par le fait que les données collectées par les objets connectés soient stockés sur internet ». En outre, seuls 24 % ont conscience que ces données sont stockées sur une plateforme dédiée sur le *cloud*, et 41 % seulement font confiance à ce dernier – une donnée toutefois en hausse de 6 points, ce qui pourrait être interprété par le fait que les Français sont naturellement méfiants envers des innovations technologiques dont ils ne cernent pas bien les contours.



Source : Harris Interactive, 2016

Plus préoccupant pour le modèle économique des objets connectés, 81 % des internautes sont gênés par la récolte des données personnelles (notamment leur âge ou leurs préférences) par les réseaux sociaux, à des fins d'utilisation commerciale. Certes, la question posée ne portait que sur l'utilisation des données pour adresser des messages publicitaires personnalisés, de façon assez restrictive, ce qui empêche en toute rigueur de poser le constat d'une défiance des Français

(1) Harris Interactive, « Baromètre CDC-ACSEL-La Poste de la confiance des Français dans le numérique », octobre 2016

dans l'utilisation de leurs données pour améliorer la qualité des services offerts *via* des objets connectés. Toutefois, leur niveau de défiance est suffisamment important pour conjecturer une réticence plus générale à l'idée que le traitement et l'exploitation de leurs données personnelles puissent générer des profits pour des acteurs économiques.

En outre, l'individualisation de l'offre de services, par l'utilisation des données personnelles, ne semble pas rencontrer un accueil majoritairement positif. À la possibilité d'être identifié personnellement dans un magasin (*via* son smartphone, par exemple) pour bénéficier d'offres promotionnelles ou de services personnalisés, 59 % des internautes français déclarent ne pas y trouver d'intérêt, dont 30 % qui ne sont « pas du tout » intéressés.

En généralisant la question, le baromètre permet d'identifier que 74 % des internautes sont « de plus en plus méfiants à l'égard d'internet et de la multiplication des occasions d'utilisation abusive de mes données personnelles (*cloud*, objets connectés) ». Seuls 42 % sont « ouverts au fait que les entreprises et les organismes publics disposent de [leurs] données personnelles dans le sens où cela permet de bénéficier d'offres et de services personnalisés et privilégiés ».

Des résultats à manier avec précaution

Les résultats du baromètre fournissent un aperçu utile de l'état d'esprit des Français quant aux évolutions du numérique et à son irruption marquée dans leur quotidien – une tendance vouée à se poursuivre avec l'essor des objets connectés.

Toutefois, plusieurs remarques méthodologiques doivent être formulées :

(1) L'échantillon est peu important (1 037 personnes), et la méthode des redressements, qui consiste à faire varier artificiellement le poids d'une partie des réponses pour obtenir des quotas des personnes interrogées (sexe, âge, usage d'internet...) limite la fiabilité des résultats, notamment lorsque cette méthode est utilisée dans un échantillon de petite taille ;

(2) La formulation de certaines questions fermées (où la réponse est de type oui/non), de surcroît sur des sujets assez techniques, introduit un biais de résultat, notamment lorsque la réponse est déjà dans la question ;

Exemple : la question « Au final, et d'une manière générale, pensez-vous qu'il est risqué d'utiliser internet ? » est posée d'une manière qui encourage à répondre « oui », puisque plusieurs situations de risques sont bien identifiées par les individus (piratage, arnaques, usurpation d'identité...). En revanche, si la question portait, de façon ouverte, sur ce que les Français pensent de l'utilisation d'internet, il n'est pas garanti que 63 % évoquent son caractère risqué dans leur réponse ;

(3) Ce biais est encore plus marqué lorsque l'enquête formule un constat à propos duquel les personnes interrogées sont invitées à se positionner. Ce biais tient au fait que la façon dont le constat est formulé tend à créer une opinion chez les individus interrogés qui n'en ont peut-être pas à ce sujet – mais répondent tout de même – ou tend à orienter leur opinion à l'aide de termes connotés comme « de plus en plus », « insupportable » ou « abusif ».

Exemple : le constat « Je suis de plus en plus méfiant à l'égard d'internet et de la multiplication des occasions d'utilisation abusive de mes données personnelles (cloud, objets connectés) » est tourné d'une telle façon qu'il est difficile d'être en désaccord si on n'a pas une opinion claire sur le sujet. Le constat semble postuler que l'utilisation des données est abusive, ou que ces abus se multiplient. En outre, une personne déjà très méfiante à l'égard d'internet peut répondre négativement à ce constat, ce qui gêne la bonne lisibilité des résultats.

Le paradoxe d'une utilisation de plus en plus fréquente d'internet et de ses outils corrélée à une confiance en berne a également été identifié par les commanditaires de l'enquête dans le communiqué de presse qui a accompagné sa publication :

« Pour cette 5^{ème} édition du baromètre qui interroge depuis maintenant 7 ans les Français, la confiance dans le numérique atteint un niveau historiquement bas : seuls 37 % des personnes interrogées affirment avoir confiance. Pour autant, les Français montrent une appétence forte pour le digital et adoptent clairement les nouveaux usages : smartphone, consommation collaborative, objets connectés.

« Ce niveau de défiance est un véritable challenge dans un contexte d'évolution du numérique vers une industrie de la donnée et la construction de modèles économiques fondés sur la valorisation et l'échange de ces données. » ⁽¹⁾

Il est cependant délicat de tirer une conclusion univoque de ce résultat, qui peut aussi bien être le signe d'un manque de maturité du marché que d'un rejet durable de l'exploitation économique des données des Français. En réalité, ces derniers ne sont pas que des consommateurs : la partie suivante tâchera d'ouvrir le champ de réflexion pour analyser, au-delà de l'impact économique, les évolutions individuelles et sociales à attendre de l'internet des objets.

(1) Communiqué de presse commun CDC-ACSEL-La Poste, octobre 2016

Les modèles assurantiels : la fin de la mutualisation des risques ?

La « révolution » des objets connectés touche également le secteur des assurances. La surveillance des maisons par des capteurs ou des caméras, la connaissance fine des habitudes de conduite, la capacité à proposer des solutions pour améliorer ses habitudes de vie ou s'inscrire dans une démarche de santé préventive sont autant de facteurs qui permettent aux compagnies d'assurance d'individualiser le rapport assurantiel à l'utilisateur.

Est-ce la fin de la logique de mutualisation des risques, avec un système de tarification personnalisée ? Pour l'instant, les compagnies d'assurance commencent à proposer à leurs clients des incitations financières visant à se doter d'objets connectés et à responsabiliser son comportement. Pour les conducteurs prudents, par exemple, l'accès aux données de conduite donnera droit à une prime réduite.

Cependant, d'après le baromètre de la confiance des Français dans le numérique, précité, 59 % des internautes français jugent comme une source de risques le fait qu'une compagnie d'assurance puisse utiliser des données personnelles pour ajuster leurs primes et leurs tarifs. Seuls 16 % y voient une source d'opportunités. Les Français paraissent donc attachés à la mutualisation des risques qui prévaut actuellement.

II. USAGES ET PRATIQUES SOCIALES DES OBJETS CONNECTÉS

A. LA RÉVOLUTION DU QUOTIDIEN ?

Les développements suivants analysent l'essor des objets connectés non plus dans une perspective économique, mais du point de vue des individus qui se les approprient. En quoi la connexion de notre environnement immédiat, de nos actions et, plus largement, de la société, peut-elle changer nos vies ?

1. Les objets connectés ou l'avènement de l'informatique ubiquitaire

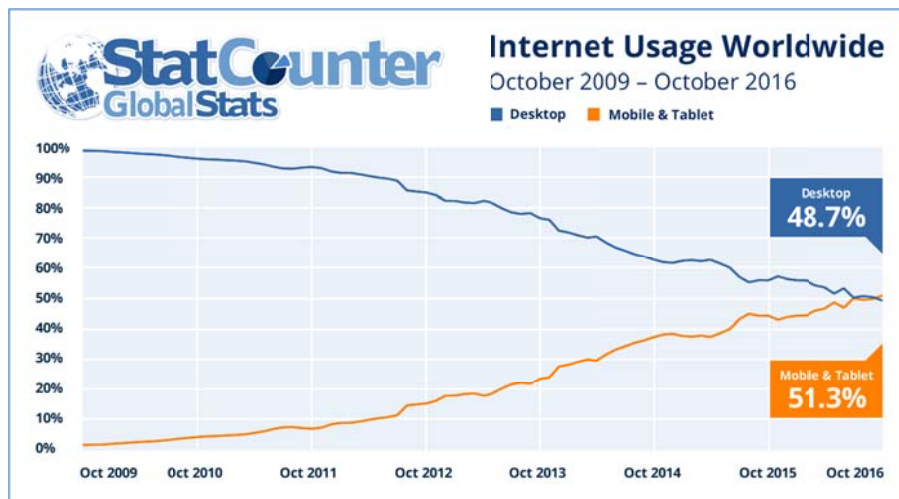
a. Une connexion du quotidien omniprésente et invisible

L'informatique ubiquitaire est, selon les chercheurs Adam Greenfield⁽¹⁾ ou encore Mark Weiser⁽²⁾, une nouvelle ère de l'informatique, celle où chaque personne tend à disposer de plusieurs terminaux informatiques⁽³⁾. L'apparition et la diffusion massive des smartphones furent la première étape de cette nouvelle période informatique. Depuis octobre 2016, la majorité des connexions à internet s'effectue désormais *via* un smartphone ou une tablette.

(1) A. Greenfield, *Everyware. The Dawning Age of Ubiquitous Computing*, New Riders, 2006

(2) M. Weiser, « *Computer Science Challenges for the Next 10 Years* », intervention à la Rutgers University, 1996

(3) La première ère, qualifiée de « mainframe », correspondait aux ordinateurs partagés par plusieurs personnes ; la deuxième ère était celle des ordinateurs personnels.



Traduction : usage d'internet dans le monde, depuis un poste fixe (« desktop ») ou depuis un terminal mobile (« mobile & tablet »).

Quelle est la prochaine étape ? L'ubiquité technologique désignera la capacité des objets connectés à couvrir tout le quotidien des personnes. Cette omniprésence connectée – la Commission européenne fait référence à « l'intelligence ambiante » pour désigner le même processus – relie les personnes mais également les objets entre eux, qui peuvent donc fonctionner en symbiose pour améliorer la relation des personnes à leur environnement. Les terminaux classiques, qui supposent la prise de commandes (souris, clavier) sont progressivement remplacés par des capteurs et des puces intelligentes, plus ou moins autonomes. Cela est rendu possible par les considérables progrès de miniaturisation des processeurs et des semi-conducteurs, ainsi que le développement de technologies de connexion sans fil adaptées aux objets connectés.

D'ores et déjà, les constructeurs de smartphones investissent massivement dans l'amélioration de l'ergonomie de leur appareil, pour que certaines fonctionnalités soient effectuées de façon de plus en plus naturelle. Apple a ainsi considérablement innové depuis ses premiers *iPhones* pour associer des mouvements de doigts à des actions précises, dont la plus célèbre est sans doute le « slide » pour déverrouiller l'appareil ou faire glisser un diaporama de photos. Plus récemment, les *iPhones* sont en mesure de reconnaître le degré de pression d'un doigt sur l'écran pour y associer des actions différentes. Un autre exemple de cette ergonomie qui vise à faire oublier à l'utilisateur qu'il manipule un objet technique est la capacité des smartphones à reconnaître si l'utilisateur manipule le téléphone (écran tactile activé) ou s'il passe un coup de téléphone : le simple geste de porter le téléphone à l'oreille désactive l'écran tactile.

Les objets connectés portent cette logique à un degré supplémentaire : cette fois, les commandes sont vraiment décentralisées, et l'intervention humaine souvent rendue superflue. Les vêtements sont connectés pour prendre des mesures qui ne requièrent plus l'utilisation d'outils (thermomètre, contrôle de la glycémie, etc.) ; le chauffage s'allume automatiquement lorsqu'une présence humaine est reconnue dans la pièce ; le réfrigérateur évalue les aliments dont la date de péremption est proche ; des boutons tactiles accrochés au mur près de biens de consommation du quotidien (lessive, liquide vaisselle, lait...) effectuent par une simple commande l'achat et la livraison du produit désiré ⁽¹⁾.

La première caractéristique de cet internet des objets du quotidien est sa quasi-invisibilité pour l'utilisateur : à la différence des ordinateurs personnels, qui occupent de la place, font du bruit, et demandent des efforts de connectique (la gestion des nombreux fils électriques), les objets connectés du quotidien pourraient rapidement se fondre dans l'environnement physique traditionnel des utilisateurs. L'enjeu est souvent d'améliorer la vie de l'utilisateur sans qu'il se rende compte qu'il interagit avec une machine.

Oombrella, le parapluie intelligent

La startup française Wezzoo développe un parapluie connecté qui envoie une alerte sur le smartphone de son utilisateur s'il l'a oublié et s'il va pleuvoir dans la journée. Le parapluie est connecté à une communauté d'utilisateurs qui permet de partager les informations météorologiques pour gagner en précision. Enfin, la toile du parapluie est composée d'un matériau qui réfléchit la lumière et crée une ambiance colorée particulière pour améliorer l'humeur de son détenteur. La partie connectée se situe au bout du manche du parapluie, de façon indistincte d'un parapluie ordinaire.

D'où l'autre principale caractéristique de cet internet des objets ubiquitaire : il s'agit d'une « technologie calme » ⁽²⁾. Comme cela a été observé dans le design des objets connectés à destination des consommateurs, l'internet des objets a vocation à être discret, à se dissimuler, à se fondre dans l'environnement physique et à limiter le degré d'intervention humaine nécessaire pour interagir avec les objets connectés. Ils pourront aussi anticiper les besoins pour limiter les interactions avec les machines : de façon plutôt simple, la voiture se déverrouille à la seule approche du conducteur ; de façon plus sophistiquée, l'internet des objets « émotionnel » se développe pour mesurer nos émotions et y apporter des réponses : l'anneau *Moodmetric* mesure notre rythme cardiaque, la température et la réponse galvanique de la peau ; l'*EmoSpark* est un capteur domestique qui crée des profils émotionnels en fonction des mots prononcés, des variations de voix et de la reconnaissance faciale pour proposer une ambiance sonore et lumineuse adaptée.

(1) Les boutons Amazon Dash sont disponibles en France depuis novembre 2016.

(2) M. Weiser, J. S. Brown, « *Designing Calm Technology* », Xerox, 1995

b. Les objets connectés ne modifient pas que notre environnement, mais également nos modes d'action et de pensée

La partie précédente permet d'illustrer les deux premières fonctions de l'internet des objets pour l'utilisateur final :

(i) Faciliter la vie

La plupart des objets connectés du quotidien ont vocation à améliorer le confort des utilisateurs, à leur faire gagner du temps, des efforts et leur épargner du tracas. Les objets connectés qui rencontrent aujourd'hui le succès et dépassent l'effet « gadget » combinent en effet deux apports essentiels : ils sont faciles à prendre en main (ergonomie, intuitivité) et rendent un vrai service.

Le galet intelligent d'AwoX

Le *Smart Pebble* de l'entreprise française spécialisée dans la maison intelligente a été récompensé lors du salon *Consumer Electronics Show* de 2016 à Las Vegas.

Il s'agit simplement d'un interrupteur sans fil. Toutefois, son succès s'explique par plusieurs fonctionnalités : sa prise en main est parfaitement intuitive, à l'aide de contrôles gestuels (le faire tourner, le secouer, le retourner) ; il permet de contrôler toute l'ambiance lumineuse de la maison sans recourir à un smartphone – dans le prolongement de l'intelligence ambiante qui se décentralise ; il a un design simple qui permet d'oublier que c'est un concentré de technologies.

Facile d'accès et utile, il est également peu onéreux et joli, ses concepteurs ayant intégré l'effet *nice-to-have* (agréable à avoir) devenu indispensable au marketing des objets électroniques.

La vie des utilisateurs peut également être facilitée par l'évolution des services publics qui pourraient, comme l'offre de services commerciaux, tendre vers une qualité de prestation approfondie, sinon individualisée. Vos rapporteuses avaient ainsi imaginé, dans leur rapport de 2014 précité, l'évolution de notre système français grâce aux objets connectés. D'autres développements du présent rapport présentent des potentialités en matière de *e-santé* qui n'avaient pas été imaginées il y a deux ans – seulement.

Une accessibilité des services de santé améliorée grâce aux objets connectés

« Le rapport du citoyen au monde médical est de manière générale très ponctuel, et ne se concrétise souvent qu'à l'occasion d'un rendez-vous ou d'un contrôle de 'routine'. En cas de symptôme ou de diagnostic, les visites médicales deviennent plus fréquentes, et peuvent éventuellement aboutir à une hospitalisation ou une entrée dans un établissement de soins, pour surveiller en permanence l'évolution de la santé du patient. L'apparition des objets connectés dans le domaine de la santé modifie profondément le rapport au médecin. La visite médicale devient quasiment superflue, ou du moins n'est plus automatique, le diagnostic pouvant être fait à distance. (...)

« Pour l'heure, la France n'est pas pleinement entrée dans cette évolution, et une entreprise comme Whithings, spécialisée dans les objets connectés de santé comme les balances, les tensiomètres ou des appareils mesurant le rythme cardiaque, réalise actuellement plus de 50 % de son chiffre d'affaires aux États-Unis. Notre pays semble tarder à s'engager dans cette révolution alors qu'il revendique le meilleur système de santé au monde. Le développement de la santé "connectée" adresse plusieurs défis à la politique de santé publique et à ses acteurs, en même temps qu'elle offre des solutions innovantes, au service des citoyens. S'agissant des progrès indéniables portés par l'e-santé, vos rapporteuses souhaitent mettre l'accent sur trois évolutions.

« D'abord la problématique des "déserts médicaux" pourrait trouver une partie de réponse par la capacité à suivre la santé des patients et à mener des diagnostics à distance.

« Ensuite, cette prise en charge à distance des patients ou des personnes à risques permettrait de renforcer le maintien à domicile, alors que bien souvent, des personnes tout à fait aptes à demeurer chez elles sont contraintes de rejoindre un établissement de santé, faute de pouvoir consulter facilement et régulièrement le personnel médical.

« Enfin, le traitement des maladies chroniques pourra être effectué plus en amont dès lors qu'elles pourront être détectées plus tôt. Selon la Haute Autorité de santé, plus de 15 millions de Français souffrent d'une maladie chronique, dont plus de 9 millions sont inscrits en affection de longue durée (ALD), soit 14 % de la population. (...)

« Le développement de la e-santé permettra de renforcer la prévention et de renouveler la prise en charge médicale, mais aussi de réduire le coût de notre système de santé par le maintien à domicile et la détection en amont de certaines maladies. Il produira donc un double bienfait, sanitaire et budgétaire. »⁽¹⁾

(ii) Maîtriser son environnement

Il s'agit des objets connectés qui permettent de mieux connaître le réel qui nous entoure, au-delà de l'environnement domestique. Historiquement, la géolocalisation individuelle s'est largement démocratisée, et s'est progressivement accompagnée de services de plus en plus précis (distance d'un lieu à un autre selon plusieurs moyens de locomotion, repérage d'une destination non seulement sur une carte mais également grâce aux images collectées par les *Google cars*). Plus récemment, la réalité augmentée permet de donner plus de sens à notre

(1) C. Erhel, L. de La Raudière, *rapport d'information sur le développement de l'économie numérique française*, op. cit.

environnement à l'aide d'objets connectés, avec des potentialités qui restent encore à explorer pleinement.

Les lunettes connectées de Garmin

Le constructeur américain *Garmin* a présenté début 2016 un modèle de verre intelligent à fixer sur une paire de lunettes traditionnelle. À destination des cyclistes en premier lieu, le verre est en mesure d'afficher à destination de l'utilisateur une grande quantité d'informations, classiques pour un *wearable* (vitesse, position, distance parcourue...) ou plus innovantes (approche d'un véhicule derrière soi).

En outre, la maîtrise de l'environnement par les objets connectés comporte également des plus-values manifestes en matière de sécurité. Les voitures connectées ont comme principale finalité de diminuer drastiquement les risques d'accident en accompagnant la conduite en temps réel (détection d'angle mort, détection de l'assoupissement, freinage automatique). Les objets connectés sont alors d'autant plus utiles que l'environnement immédiat présente des risques pour l'individu.

Toutefois, les objets connectés n'ont pas comme unique utilité d'apporter un surcroît de confort ou de sécurité à leurs utilisateurs. On peut légitimement penser qu'ils sont à même de modifier nos modes de pensée et d'action.

(iii) Renforcer la connaissance de soi

Les principaux apports de la quantification de soi – le *quantified-self*, mouvement social qui accompagne l'essor des objets connectés portables – ne sont pas uniquement ludiques. En améliorant les informations disponibles sur soi, par un pistage de son activité, l'internet des objets autorise davantage de prudence. En la matière, les avancées des textiles intelligents sont manifestes en matière de protection de la santé. Des vêtements connectés et adaptés aux femmes enceintes, aux bébés ou aux personnes âgées sont calibrés pour détecter des situations à risque et peuvent alerter les proches ou les services de secours.

La chaussette connectée pour lutter contre les risques du diabète

En novembre 2016, l'entreprise américaine *Siren Care* a dévoilé un prototype de chaussette connectée permettant de mesurer en temps réel la température des pieds. L'enjeu est de taille : les diabétiques qui ne parviennent pas à éviter les conséquences d'une hyperglycémie sur les nerfs ou les vaisseaux sanguins doivent subir une amputation du pied suite à une infection.

Les capteurs sont directement intégrés au tissu de la chaussette, et non pas accroché à lui, ce qui en améliore tant le confort que la précision. D'autres modèles de chaussettes connectées font l'objet de travaux de recherche : selon le cas, les textiles créés permettent d'analyser les zones de pression excessive sur le pied et d'encourager l'utilisateur à changer de position, ou de détecter la formation d'ulcères.

En outre, les objets connectés, lorsqu'ils permettent de mieux maîtriser les conséquences de son comportement, ont pour enjeu de responsabiliser les individus et de les inciter à s'orienter vers des comportements plus vertueux, tant en matière d'habitudes alimentaires, de prévention de risques de santé, de pratiques sportives ou d'amélioration des cycles de sommeil. De plus en plus de fabricants de bracelets connectés, par exemple, analysent les données produites lors de l'activité journalière et proposent un service de *coaching* personnalisé sur l'application smartphone, qui permet de se fixer des objectifs ou des défis, et de se voir progresser de façon dynamique.

(iv) Améliorer l'intelligence collective

L'internet des objets permet de connecter les personnes et, par conséquent, d'améliorer le fonctionnement des effets d'agrégation (gestion des foules ou du trafic). La congestion des axes routiers des villes, des transports en commun, des lieux de manifestations publiques peut être améliorée par la redirection des flux de trafic par exemple, dont l'efficacité est renforcée par les effets de réseaux (nombre de personnes ou de véhicules connectés au même système d'information). La décision n'a pas à être centralisée : si tous les utilisateurs ont accès aux données produites par les autres utilisateurs sur la formation de bouchons, ils peuvent eux-mêmes, ou à l'aide de leur application d'aide à la conduite, se rediriger vers des trajectoires de route plus fluides. La coordination des utilisateurs se fait donc de façon décentralisée, ce qui illustre avec force le renforcement des rationalités collectives.

L'intelligence collective est également améliorée lorsque les individus mobilisent le potentiel de leurs objets connectés pour résoudre des problèmes sociaux ou se mobiliser. Certains citoyens ont saisi le potentiel de la collecte des données par la foule – le *crowdsourcing* – pour s'organiser en communauté, produire des données utiles et les traiter pour s'approprier des problèmes utiles et y trouver des solutions⁽¹⁾. C'est une nouvelle dimension de la « capacité »

(1) Vos rapporteuses ont par exemple rencontré la sociologue Laurence Allard, à l'initiative du collectif « Citoyens capteurs », visant à la réappropriation des objets connectés pour produire de la connaissance et de la mobilisation.

– l’*empowerment* – qu’autorise l’internet des objets : il permet de s’exprimer, de proposer des faits incontestables (exposition à la pollution, au bruit, aux ondes électromagnétiques selon les zones géographiques et dans le temps), d’objectiver des situations vécues personnellement, de négocier avec les experts pour proposer des solutions collaboratives avec les pouvoirs publics.

Plume Labs

L’entreprise française Plume Labs, qui se spécialise dans la mesure de la pollution en ville, a franchi une nouvelle étape de croissance : développer des capteurs connectés portables, les *Air Sensors*, qui permettraient une mesure collaborative de la pollution subie, en complément de ses modèles de prévision, reposant sur des algorithmes. L’application *Plume Air Report* connaît déjà un franc succès dans de nombreuses villes du monde (plus de 300), en permettant de détailler les niveaux de pollution dans les 24 heures ou encore de notifier des alertes en cas de pic. À Londres, un projet participatif, passant notamment par Twitter, a été lancé pour suivre l’évolution des déplacements de pigeons munis de capteurs de pollution et créer une carte des émissions polluantes plus précises que les mesures traditionnelles. L’*Imperial College* de Londres s’est associé à l’initiative pour exploiter les données issues de cette expérience.

Noisetube

Il s’agit d’une application issue d’une initiative citoyenne visant à mesurer, à l’aide de son smartphone, la pollution sonore de son environnement, en particulier dans les villes. Ce projet est né à Paris, au sein du Sony Computer Science Lab. La mesure brute des décibels effectuée par l’utilisateur peut ensuite être enrichie par ce dernier : niveau de gêne, origine du bruit, etc. Les données peuvent être partagées et permettent donc, par *crowdsourcing*, de tisser des cartes sonores à l’échelle d’une ville en fonction de l’heure de la journée. L’application permet aux services municipaux de récolter des informations et d’adapter leurs politiques de réduction de bruit, tout comme d’échanger directement avec la communauté.

2. La révolution du quotidien est-elle contrôlable ?

Les conditions d’appropriation des objets connectés par les consommateurs ont été en partie présentées dans le présent A. Elles portaient sur les caractéristiques de ces objets, dans une logique de marché : valeur ajoutée en matière de service ; accessibilité financière ; ergonomie et design, notamment. Ici, il s’agit davantage de renverser la focale, et de s’intéresser aux conditions d’appropriation de l’internet des objets dans la perspective des utilisateurs. Pour vos rapporteuses, cette appropriation passe avant tout par le contrôle : en premier lieu, le contrôle individuel sur l’écosystème technologique qui nous entoure (paramétrage des terminaux électroniques, des applications, des objets ; consentement sur les données produites et transmises ; capacité à se déconnecter) ; et, en second lieu, le contrôle politique sur la société technique, par une régulation efficace.

Le collectif « citoyens capteurs » : être le sujet de la mesure plus que son objet

Vos rapporteuses ont auditionné la sociologue Laurence Allard, spécialiste de l'innovation. Elle est, en outre, à l'initiative d'un collectif visant la réappropriation des objets connectés par les individus. Les extraits suivants sont issus d'une publication en ligne de mai 2014, intitulée « Pour un internet des objets citoyen » :

« Face à l'inflation du discours autour des *Big Data* d'une part et d'autre part, le développement de l'internet des objets, qui s'exprime notamment dans les promesses des *Smart Cities* ou des *Smart Grids*, le citoyen a de plus en plus conscience d'être confronté à un monde de données et d'algorithmes dans son activité ordinaire en ligne. (...) Il n'en reste pas moins que la captation passive des données par différents dispositifs dont seraient porteurs des "objets", pourrait dessaisir le citoyen de ses capacités de réflexion et d'action sociales, politiques ou environnementales. (...) »

« Entre être calculé ou calculer, il existe une marge d'autonomie pour des usages citoyens des données produites par les nouveaux objets communicants. Le Labo Citoyen, laboratoire d'innovation et d'expérimentation de plein air, se situe dans la perspective non pas du consommateur capté et moins encore du consommateur instrumentalisé par des "objets intelligents", que celle du citoyen capteur, qui participe à la construction d'une intelligence collective instrumentée par ces objets sensibles et communicants. Il propose de forger des outils, des prototypes, des dispositifs de visualisation, des méthodologies visant à conférer une "capacité active" aux citoyens pour interpréter leur environnement, le et le mesurer et *in fine* agir sur lui. (...) »

« Convaincre les pouvoirs publics, les entreprises, grandes et petites, les politiques que le citoyen peut être un praticien éclairé de ce monde des *Big Data* en ne subissant pas la mesure mais en étant le producteur et l'interprète, c'est là encore un des enjeux de l'émergence de cet internet des objets. (...) »

a. L'internet des objets est-il intelligible ?

On observe l'apparition d'une multitude d'objets connectés, des réseaux de réseaux, au niveau domestique, local ou national, physiques ou immatériels – qu'est-ce le *cloud* pour la plupart des consommateurs ? – ou encore de technologies nouvelles – on ne parlera plus seulement de *Wifi* ou de *Bluetooth*, mais également de *NFC*, de *Zigbee*, de *Z-wave*, de *Thread*, etc. Certes, l'utilisateur n'a plus, depuis longtemps, vocation à comprendre comment fonctionnent les outils technologiques qu'il a en main. Toutefois, l'internet des objets rend la technologie omniprésente, et s'appuie principalement sur l'usage des données que l'utilisateur émet. Cela signifie que les objets connectés ne seront plus simplement une extension de l'activité humaine – une façon d'effectuer certaines tâches plus rapidement, avec plus de confort – mais que l'activité humaine deviendra le principal objet de son environnement technologique.

Il est donc à prévoir que les utilisateurs voudront davantage comprendre cet environnement. Certaines réserves ont commencé à apparaître, notamment en matière de publicité ciblée : les usagers d'internet réalisent progressivement que

leur activité en ligne fait l'objet d'un pistage visant à « personnaliser » cette offre publicitaire, et ressentent que cette évolution s'est faite à leurs dépens ⁽¹⁾.

L'irruption de la technologie dans la vie quotidienne, donc privée, peut toutefois être acceptée, à condition qu'elle soit plus pédagogique que la présentation, à chaque mise à jour logicielle, de conditions générales d'utilisation hermétiques, qui protègent les entreprises qui les rédigent mais ne rendent pas de service au consommateur final.

Recommandation n° 9 : Faire évoluer le code de la consommation pour prévoir que les opérateurs de services aux personnes par l'intermédiaire d'objets connectés sont tenus de délivrer à ces personnes une information loyale, claire et transparente sur les conditions générales d'utilisation de ces services, portant notamment sur le recueil et l'éventuelle exploitation commerciale de données individuelles.

Ce souci d'intelligibilité et de pédagogie se répercute sur les questionnements suivants : les utilisateurs pourront-ils contrôler véritablement leur quotidien connecté ? Pourront-ils avoir les réflexes de sécurité suffisants ? Pourront-ils reconnaître leur responsabilité dans l'utilisation de leurs objets connectés ?

b. L'internet des objets est-il contrôlable ?

Demain, de quelle marge l'utilisateur disposera-t-il pour intervenir sur ses objets connectés ? Aura-t-il la capacité de contrôler son environnement connecté, de le personnaliser au-delà de ce que les fournisseurs d'objets ou de services auront prévu à son attention ? La question se pose avec une acuité particulière pour tous les objets connectés qui facilitent ou assurent l'autonomie des tâches, voire fonctionnent de façon autonome : l'utilisateur pourrait vouloir « reprendre la main », et devrait être en mesure de le faire facilement.

Plus important, comment l'utilisateur pourra-t-il s'assurer qu'il s'est bien déconnecté, s'il le souhaite ? Il ne s'agit pas seulement « d'éteindre » des objets qui n'ont d'ailleurs pas nécessairement de bouton physique d'arrêt, mais de pouvoir faire en sorte qu'ils cessent d'émettre. Le conducteur d'une voiture connectée n'a pas ainsi nécessairement le loisir de désactiver simplement des fonctions prévues pour lui rendre service – rappelons-les : signaux sonores, géolocalisation, ambiances lumineuses évolutives, volume sonore de la radio qui augmente en cas de risque d'assoupissement. Cette illustration peut être étendue en matière domotique ou de *e-santé*, et connaîtra un regain d'importance si, demain, les objets connectés intègrent le corps humain ⁽²⁾. Le quotidien connecté

(1) Voir les résultats du baromètre Harris Interactive présenté ci-dessus.

(2) Comme la plupart des applications issues des objets connectés, ceci ne relève plus exactement de la science-fiction : en 2015, en France, une « implant party » a eu lieu afin de permettre aux volontaires de se faire injecter une puce RFID – connexion par radio-fréquence – sous la peau pour mesurer leur taux de caféine.

ne devra donc pas signifier l'abandon de ce qui serait un « droit à la déconnexion » ⁽¹⁾ nécessaire à la préservation des libertés individuelles.

De même, l'utilisateur devrait être en mesure de contrôler et, à défaut, de savoir ce qu'il advient des données dont il permet la récolte. Aujourd'hui, cette problématique est trop souvent tacite : sur internet, les utilisateurs disposent de nombreux services gratuits – notamment de messagerie électronique, avec d'importantes capacités de stockage – et, « en échange », acceptent de mettre à disposition leurs données. Le problème de cet accord largement tacite est qu'il est délicat d'en fixer les limites : jusqu'à quel point ces données peuvent ainsi être récoltées ⁽²⁾ ?

La question ne concerne pas que la vie privée : installer des capteurs à l'insu des citoyens, dans les espaces publics par exemple, est-il acceptable ? Si la réponse est négative, quel régime d'information du grand public est-il possible de mettre en place quand la ville sera entièrement connectée, de la moindre benne à ordures aux grandes infrastructures publiques ?

Recommandation n° 10 : Les collectivités publiques déployant des services connectés pour améliorer la vie citadine devraient associer les citoyens à chaque étape de ce déploiement et encourager l'appropriation des outils publics par les initiatives citoyennes au travers d'une politique dynamique d'ouverture des données.

c. L'internet des objets est-il éthique ?

La réflexion précédente renvoie en écho au caractère primordial de la protection des données personnelles : si les débats qui entourent cette question sont anciens, leurs termes vont évoluer dans des proportions inédites avec la diffusion de l'internet des objets. D'abord, la multiplication des objets connectés signifie la multiplication des barrières de protection à instaurer, à surveiller, à adapter, pour garantir un droit à la protection des données personnelles que les utilisateurs ne seront plus en mesure de garantir eux-mêmes.

Rappelons, par ailleurs, que l'immensité des données potentiellement récoltées au travers des objets connectés, et les capacités de traitement algorithmique, vont conduire à des défis inédits pour protéger ces données personnelles. Même si un tiers ne dispose pas des données de santé d'un individu,

(1) Le concept de droit à la déconnexion a d'abord prospéré dans le milieu professionnel, pour protéger les employés d'un recours abusif à leurs terminaux professionnels en dehors de leur temps de travail. Ce droit a été reconnu au 7° de l'article L. 2242-8 du code du travail, depuis la promulgation de la loi n° 2016-1088 du 8 août 2016 relative au travail, à la modernisation du dialogue social et à la sécurisation des parcours professionnels.

(2) Les débats de la loi n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique, dans lesquels vos deux rapporteuses ont été engagées, ont notamment porté sur l'extension de la protection législative du secret des correspondances aux échanges électroniques, tandis que certains opérateurs pratiquaient, sans aucune forme de consentement de l'utilisateur, le scan automatique de courriels à des fins de ciblage publicitaire.

fortement protégées par la loi, il pourrait être en mesure de croiser, d'agréger et de reconstituer des données indirectes, inoffensives isolément, mais parlantes après traitement. De façon sommaire, connaître les habitudes alimentaires d'une personne, sa fréquence et son rythme de déplacements extérieurs, le nombre de fois qu'il se rend dans un bureau de tabac ou une pharmacie, pourrait permettre de reconstituer un profil de santé de plus en plus personnel et précis à mesure que les données pouvant être traités sont disponibles.

La Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) a ainsi commencé à diffuser des « packs de conformité » sectoriels visant à réguler l'usage des données personnelles par les entreprises qui ont désormais les moyens de les récolter. Mais la CNIL évolue dans une zone juridique grise, où l'équilibre entre l'émergence de modèles économiques innovants et le degré de protection des individus, qui dépend de choix collectifs, n'est pas clairement arbitré.

C'est pourquoi la régulation politique – qu'elle soit réglementaire ou le fait d'une régulation souple par la CNIL ou l'ARCEP – devra évoluer avec précision, réactivité et efficacité, en parallèle d'une régulation technique gérée par les opérateurs d'objets connectés eux-mêmes. Cette régulation politique devra également avoir les moyens et les compétences techniques suffisantes pour ne pas se laisser capturer par cette régulation technique, qui ne répond pas à l'exigence du service de l'intérêt général.

La régulation politique face au partage automatique des données entre applications internet

Extraits de l'article « Facebook cesse d'exploiter les données des utilisateurs européens de WhatsApp », paru dans le blog officiel Pixels du journal Le Monde, le 18 novembre 2016 :

« Après l'Allemagne et le Royaume-Uni, c'est désormais dans toute l'Europe que Facebook a cessé d'exploiter les données des utilisateurs de WhatsApp (...). Une mesure temporaire, à la suite des pressions exercées par les autorités de protection des données personnelles européennes.

« WhatsApp, qui appartient à Facebook depuis 2014, avait annoncé en août qu'elle allait partager les données de ses utilisateurs avec le plus grand réseau social au monde, ce qui avait déclenché une vague de critiques et d'inquiétudes. Le G29, le groupement des autorités de protection des données personnelles de l'Union européenne, dont fait partie la CNIL française, avait demandé à la fin d'octobre à WhatsApp "d'arrêter le partage des données de ses utilisateurs jusqu'à ce que les garanties juridiques appropriées puissent être apportées".

« Quand WhatsApp avait annoncé cet été ce transfert d'informations, l'entreprise avait donné peu de détails sur la nature exacte des données transmises. Elle avait entre autres évoqué le numéro de téléphone des utilisateurs, afin de "faire des suggestions de produit (par exemple d'amis, de connexions ou de contenus intéressants) et d'afficher des offres et des publicités pertinentes".

« Les CNIL européennes reprochent à Facebook et à WhatsApp de ne pas avoir été assez clairs sur l'utilisation faite de ces données, et de ne pas avoir suffisamment informé leurs utilisateurs de ce changement de cap. Ce partage de données serait effectué, peut-on lire dans leur communiqué, "pour des finalités qui n'étaient pas incluses dans les conditions d'utilisation et la politique de confidentialité au moment où les actuels utilisateurs ont souscrit au service WhatsApp". Le G29 avait ainsi mis en doute la "validité du consentement de l'utilisateur". (...) »

Recommandation n° 11 : Inventer les termes d'une régulation politique agile qui associe les compétences de plusieurs autorités indépendantes (CNIL, ARCEP, voire CSA) et l'expertise d'organisations spécialisées comme le Conseil national du numérique au sein d'équipes de régulation *ad hoc*.

d. Quelle est la responsabilité des usagers ?

Les questions précédentes se déclinent également en termes de responsabilité : comment rechercher la responsabilité de chaque acteur de l'écosystème en cas de fuite de données, de vulnérabilités ou de défaillance technique ? Cette responsabilité pourrait être diluée entre l'objet lui-même, sa connexion et son réseau, la plateforme d'intégration à laquelle il se rattache, ou encore le *cloud* où sont stockées les données qu'il transmet.

De façon plus centrale, quelle sera la responsabilité de l'utilisateur en cas de problème ? Dès lors qu'il y a une prise de décision ou un comportement de l'objet autonome, c'est-à-dire dès lors que l'intervention humaine est limitée ou

cantonnée à un rôle de surveillance, sur qui repose la faute ? Les exemples peuvent être nombreux : un aspirateur autonome qui blesse un enfant ⁽¹⁾ ; une voiture connectée qui crée un accident alors qu'elle est supposée permettre de l'éviter ; un réseau de distribution d'eau intelligent qui se révèle défaillant... La perte de contrôle humain sur les objets connectés crée une confusion sur l'origine de la décision ou de l'absence de décision qui entraîne la survenance d'un problème.

La question de la responsabilité des usagers renvoie à celle de la sécurité, qui fera l'objet de développements spécifiques. Sécurité et responsabilité de chaque maillon de la chaîne de fonctionnement d'un objet connecté doivent donc faire l'objet d'échanges continus entre les différents acteurs de la chaîne de production, en incluant l'utilisateur final. En effet, la protection contre les risques de dysfonctionnement ou de malveillance est d'autant plus essentielle qu'il ne s'agit plus de se prémunir uniquement contre des dangers virtuels (piratage de données, usurpation d'identité, propagation de virus) mais également, pour l'internet des objets, de dangers matériels, dans l'environnement immédiat des personnes comme dans les infrastructures physiques.

B. QUEL EST L'IMPACT SOCIAL DE L'INTERNET DES OBJETS ?

La réunion des questions précédentes permet de mettre en avant un constat plus transversal. Le succès des objets connectés supposera un changement d'ordre culturel : l'acceptation par la société d'une irruption massive de la technologie dans le quotidien. Si la technologie s'efforce d'être invisible et d'être calme, elle sera toutefois omniprésente, dans les espaces publics, dans les espaces privés et dans les espaces professionnels.

Les risques associés à cette « révolution » ne sont pas seulement techniques et politiques. Ils sont également sociaux : quel est l'impact de l'internet des objets sur notre société et sur notre vivre-ensemble ?

1. Les objets connectés créent-ils de la liberté ou de la contrainte ?

Les sociologues que vos rapporteuses ont rencontrés apportent un constat nuancé à l'apport individuel et social de l'internet des objets. D'une part, et cette idée a déjà été largement abordée dans les développements précédents, les objets connectés sont un formidable facteur de connaissance de soi, de connexion des individus entre eux pour améliorer l'intelligence collective, ainsi qu'un moteur de prédiction qui éclaire nos choix, nous responsabilise et nous permet de mieux maîtriser notre environnement. En cela, l'internet des objets ne crée pas que du confort, il crée de la liberté, au sens où il libère de nombreuses contraintes.

(1) Dans le droit des obligations actuel, le propriétaire d'un objet est présumé responsable des dommages causés par son fonctionnement, sauf si la preuve d'un fonctionnement non conforme au contrat est apportée. Il n'y a donc pas de vide juridique à l'heure actuelle, mais l'autonomisation progressive des objets, impliquant des prises de décision plus complexes, pourrait susciter de nouvelles interrogations.

Mais de façon moins intuitive, ces évolutions sociales pourraient se traduire par l'apparition de nouveaux risques, en particulier de dépendance technologique, qu'il s'agit d'identifier.

a. Les excès potentiels de la quantification de soi

Les objets connectés les plus populaires chez les utilisateurs finaux à ce jour portent sur la quantification de son activité, de son quotidien. Les podomètres, qui permettent de connaître le nombre de pas et, partant, la distance parcourue à pied chaque jour, se sont ainsi largement répandus, et sont parfois même proposés par défaut sur les nouvelles générations de smartphones. La prise de meilleures habitudes – un minimum d'activité physique quotidienne – et l'aspect ludique lié à l'observation de l'évolution de son comportement dans le temps participent du succès de ces objets connectés auprès des utilisateurs. Les sociologues que vos rapporteuses ont rencontrés ont relevé les aspects bénéfiques de l'auto-mesure : plus une personne est sensibilisée à une mesure, plus elle s'en préoccupe. Dans le cas présent, plus une personne recourt à son podomètre, plus elle tend à marcher davantage.

La quantification de soi s'est alors plus largement répandue, comme la maîtrise de son poids ou de son indice de masse corporelle (IMC) à l'aide de balances connectées ou la mesure d'indicateurs de plus en plus nombreux (pouls, tension, dépense de calories, capacité de concentration, etc.). Ce qui peut paraître au premier abord comme une pratique individualiste – se comparer à soi-même, dans le temps – a pourtant été démenti par les pratiques sociales : se quantifier, c'est aussi vouloir se comparer aux autres. À cette fin, de nombreuses communautés se sont créées, entre « adeptes du QS » (pour *quantified-self*) ou entre sportifs souhaitant partager leurs performances.

Strava, un réseau social de la quantification de ses performances

Ce réseau d'échange a été lancé en 2011 à destination des coureurs et des cyclistes. Il vise à partager en ligne les résultats de ses pratiques sportives quotidiennes : route poursuivie, temps de parcours, heure, vitesse de pointe – et de les commenter – « session décrassage » ; « petite sortie du soir » ; « nouveau record sur 10 km ».

Plusieurs dizaines de millions de personnes utilisent l'application associée à ce réseau social. Pourquoi ce succès social ? Les utilisateurs se sentent membres d'une communauté qui reconnaît leur passion, récupèrent des astuces, se comparent aux autres, découvrent de nouvelles routes à parcourir – bref, échangent et créent du lien social. En outre, de nombreux sportifs de haut niveau sont également présents sur le réseau, et donc plus accessibles pour leurs fans : en connaissant parfaitement le temps et le parcours d'un professionnel, il est facile de se comparer à lui le lendemain.

Pour l'entreprise, l'usage des données ainsi recueillies permet une valorisation économique. Ainsi, vu que de nombreux trajets répertoriés se situent en ville, les collectivités publiques ayant accès aux données peuvent élaborer des cartes de circulation à vélo ou à pied (quels axes sont plébiscités, quels axes sont résolument évités) pour améliorer leurs solutions de mobilité urbaine.

Il existe néanmoins un risque de l'excès de quantification, déjà identifié depuis longtemps : beaucoup de nutritionnistes déconseillent, par exemple, un usage journalier de la balance, qui conduit à un risque d'obsession de l'évolution de son poids voire à des risques de troubles alimentaires. Avec les objets connectés, le phénomène de la mesure dans notre quotidien augmente drastiquement, et la pratique régulière de l'auto-mesure peut se traduire par un enfermement dans une représentation statistique de soi, voire à une addiction à la mesure. De la même façon qu'on peut aujourd'hui être assez mal à l'aise de ne pas connaître sa vitesse précise en voiture, on peut subir une perte de repères si son objet connecté ou son smartphone tombe en panne : c'est une première déclinaison d'un risque de dépendance technologique.



Source : stuffi.fr, captures d'écran de l'application UP de Jawbone, fabricant de bracelets connectés

En outre, la quantification de soi pose la question de l'interprétation des données récoltées individuellement et partagées sur internet. À la suite d'un atelier de travail sur la quantification de soi, l'Institut des hautes études pour la science et la technologie a produit un « rapport d'étonnement » ⁽¹⁾ visant à étudier les effets sociaux de la mode du *self-quantifying*. Les contributeurs de ce rapport indiquent notamment que l'interprétation non contrôlée des données produites par la mesure de soi est porteuse de risques : elle peut conduire à des doutes exagérés sur l'évolution de son état de santé – entraînant davantage de consultations médicales qu'en moyenne – ou au contraire être une « source d'aveuglement », qui entraîne une sous-estimation de ses symptômes ou une auto-persuasion de sa capacité à se rétablir.

(1) IHEST, « La quantification de soi », rapport d'étonnement de l'atelier, cycle national de formation 2013-2014

En outre, le recours à des « savoirs collectifs » au sein de forums spécialisés ou de communautés d'adeptes où l'on partage ses résultats peut être à double tranchant : soit favoriser la production d'informations précises et justes, grâce à la prise de parole de véritables experts, soit des interprétations non expertes mais considérées comme vraies car supportées par la communauté ⁽¹⁾.

b. L'apparition de nouvelles normes : le paradoxe des objets connectés

L'internet des objets est un internet prescriptif : il permet de s'améliorer, de se responsabiliser, de se sécuriser, tout cela à l'aide de mesures et de données sur soi et sur les autres qui permettent de faire évoluer son comportement. Il contribue ainsi à inscrire dans notre quotidien de nouvelles contraintes, même si nous n'en avons pas toujours conscience, et, partant, à limiter notre liberté.

Les objets connectés qui permettent la quantification de soi sont généralement associés à des applications qui permettent de se fixer des objectifs ou, comme cela vient d'être vu, de se comparer aux autres. La confiance des utilisateurs dans leur progression, dans les objectifs qu'on leur assigne, dans la moyenne qu'il faut atteindre, est souvent importante et peut se traduire par l'apparition de nouvelles normes impersonnelles. D'où ce paradoxe : si l'internet des objets doit permettre d'individualiser les services, d'individualiser la mesure grâce au paramétrage de son objet connecté, son impact social peut au contraire apporter de nouvelles contraintes sociales qui limitent la liberté des individus.

Ainsi, la « norme » des 10 000 pas par jour s'est rapidement généralisée comme un minimum d'activité journalière à effectuer – c'est le premier objectif à atteindre lorsqu'on se munit d'un bracelet *Fitbit*, par exemple –, et elle ne correspond pourtant ni à une recommandation médicale claire, ni à un objectif pertinent pour toutes les personnes ⁽²⁾. Les utilisateurs n'ont pas forcément de recul sur ces objectifs, sur leur construction (qui les fixe ?) et sur leur impact effectif sur la santé. Cette confiance dans ce que l'internet des objets recommande de faire pour « améliorer ses habitudes » ou adopter un comportement plus « vertueux » peut signaler une deuxième forme de dépendance technologique.

Certes, la plupart des objets connectés sont plutôt porteurs de « normes faibles » dans la quantification de soi et de ses objectifs. En effet, face à l'objet ou

(1) Sur l'utilisation de plus en plus fréquente d'internet dans la relation à la santé, voir notamment Ch. Thoër, « Internet : un facteur de transformation de la relation médecin-patient ? », *Communiquer*, n° 10, 2013. L'auteur restitue les mêmes termes du débat : d'un côté, les réseaux sociaux contribuent à la diffusion et à la vulgarisation d'une information médicale autrefois monopolisée par les soignants, et l'anonymat des plateformes permet la discussions de sujets intimes ou gênants, mais, d'un autre côté, la construction par les réseaux sociaux d'une expertise collective « profane », non contrôlée par les experts, est porteuse de risques – sur la santé, certes, mais également du fait de la vampirisation possible des échanges par des offres de services commerciaux (vente de produits pharmaceutiques, d'objets connectés complémentaires, d'applications...).

(2) 10 000 pas par jour représentent environ 30 minutes de marche, ce qui permet d'atteindre l'objectif de 150 minutes d'activité physique modérée par semaine préconisée par l'Organisation mondiale de la santé. D'où la généralisation suivante : l'OMS préconise 10 000 pas par jour. Selon une autre source, les premiers podomètres, apparus dans les années 1960 au Japon, étaient appelés « compteurs de 10 000 pas ».

à l'application, le sentiment d'obligation ou la culpabilité en cas de non-atteinte des objectifs est moindre que dans une interaction humaine (un *coach* sportif, par exemple). Mais l'irruption de nouvelles technologies persuasives, ce qu'on appelle le « *nudge* », est déjà le signe d'une astreinte supplémentaire. Il s'agit d'envoyer un rappel ou de générer un léger inconfort pour faire évoluer subtilement le comportement des utilisateurs vers ce qui est « le mieux » pour eux. La fourchette connectée vibre lorsque le temps pris entre deux bouchées est trop court, signe d'une mastication insuffisante ou d'une précipitation à manger, ce qu'il faut éviter pour un souci de bien-être et de santé. Un cas plus extrême est le *Pavlok*, au nom évocateur, qui est un bracelet chargé d'envoyer un petit choc électrique à l'utilisateur en cas de comportement « déviant » – c'est bien sûr ce dernier qui choisit dans quelles situations activer le bracelet (se lever à une heure précise, ne pas rester trop longtemps assis, etc.) et quelle puissance électrique leur associer. Comme l'indique le concepteur de ce bracelet : « Avec *Pavlok*, nous pouvons enfin devenir la personne que nous avons toujours su que nous pourrions être ».

Enfin, quelles dérives peuvent-elles apparaître à la suite de cet internet des objets prescriptif ? Des risques d'anxiété, ou de stigmatisation sociale, si le résultat des mesures fait apparaître des « sous-performances » par rapport aux personnes à qui on se compare ou à la moyenne des utilisateurs. Dans ce dernier cas, le risque social des objets connectés est d'ailleurs celui de la « normopathie » : le fait de vouloir s'accrocher à la moyenne des résultats des autres personnes, et donc à « normaliser » son comportement. Or, les objets connectés augmentent drastiquement les moyens de vérifier qu'on est bien « dans la norme », pour son poids, son activité physique, sa vitesse de circulation, son alimentation, son temps de lecture, son temps passé sur les réseaux sociaux, etc.⁽¹⁾. À ce titre, l'internet des objets peut bien, si l'on n'y prend pas garde, se traduire par un poids plus fort de « l'autocontrôle »⁽²⁾ dans nos choix individuels.

c. Vers la déqualification des professionnels ?

L'internet des objets pourrait approfondir un mouvement, déjà entamé, de dépendance des professionnels à l'égard des outils techniques, puis numériques, dont ils disposent. Il faut entendre le terme de « professionnel » au sens large : ce sont les personnes qui détiennent des compétences, des savoir-faire, qui sont progressivement marginalisés par l'apparition d'objets ou de techniques qui font mieux, ou plus vite.

Si ce sont, dans notre histoire, d'abord les tâches manuelles qui ont traversé des transformations successives (industrialisation, automatisation), l'internet des objets pourrait également toucher des tâches intellectuelles, et donc des professionnels jusque-là épargnés par les révolutions technologiques, qui se

(1) Un des exemples cités en audition est celui du compteur électrique intelligent. Il permet, selon les situations, de comparer sa consommation d'électricité au jour le jour avec la moyenne de la consommation de son immeuble, de sa ville ou de son département.

(2) Voir les travaux précurseurs, sur ce concept, du sociologue Norbert Elias, notamment *Sur le processus de civilisation*. La civilisation des mœurs, 1973.

retroouveraient face à un risque de déprofessionnalisation, voire de déqualification sociale.

L'exemple souvent repris est celui du médecin : précédemment, il a déjà été montré que la quantification de soi marginalisait le médecin dans la prise de la mesure, et que l'essor du *big data* serait en mesure de fournir des diagnostics automatiques, voire plus efficaces que ceux des médecins. Il est ainsi à prévoir que, de plus en plus, les personnes se rendent chez le médecin avec des données de meilleure qualité (parce prises dans le temps, par exemple) que celles que ce professionnel est en mesure d'observer. L'importance du médecin dans l'élaboration du diagnostic, dans la décision médicale à prendre ou dans le suivi de la pathologie, pourrait être relativisée par le potentiel d'intelligence artificielle des objets. Dans le même registre, la chirurgie assistée par des outils de réalité augmentée ou d'aide à la précision – certaines opérations se réalisant par l'intermédiaire d'un robot – bouleverse les compétences et les techniques de ces praticiens. L'encadré ci-dessous choisit de développer un exemple moins connu.

**La déprofessionnalisation par détermination de la technique :
le cas du pilote de chasse**

Les sociologues Gérard Dubey et Caroline Moricot ont publié en 2016 un ouvrage intitulé *Dans la peau d'un pilote de chasse. Le spleen de l'homme-machine* ⁽¹⁾, au titre évocateur.

L'exemple de l'évolution du pilote face à l'évolution de l'avion est particulièrement bien choisi, dans la mesure où il permet d'illustrer un cas extrême : le pilote est *le* professionnel, celui dont les compétences sont à la fois très avancées, très rares et très valorisantes. De même, l'avion de chasse est un des objets technologiques les plus aboutis qui se construisent aujourd'hui.

Les auteurs retracent alors les transformations du pilote, jusqu'alors « aristocrate » militaire, choisi parmi les meilleurs, et valorisé socialement pour sa capacité à dompter des machines dangereuses et complexes. Aujourd'hui, les capacités de contrôle à distance de l'avion de chasse, l'autonomie et l'intelligence algorithmique fortement accrues des logiciels de bord, des armes comme de la prise de décision en temps réel tendent à limiter le pilote à un rôle de « gestionnaire de vol ».

Les sociologues rappellent également que la déprofessionnalisation, voire la déqualification du pilote a atteint un nouveau stade avec le pilote de drone. Ce dernier, qui n'aura jamais le droit à l'héroïsme, se borne à contrôler à distance un objet volant presque intégralement autonome.

(1) G. Dubey et C. Moricot, *Dans la peau d'un pilote de chasse. Le spleen de l'homme-machine*, PUF, septembre 2016

2. Les objets connectés créent-ils du lien social ou créent-ils des inégalités ?

a. Les objets connectés ou le vivre-ensemble connecté

L'internet des objets peut contribuer à relier des personnes entre elles au travers de leurs objets connectés. Ce faisant, il crée du lien social : un lien social certes virtuel, mais qui correspond sans doute à notre époque, marquée par le très fort développement des réseaux sociaux. L'application *Waze*, par exemple, permet de connecter les véhicules en circulation pour échanger sur les conditions de circulation. Loin d'avoir un seul usage utilitaire, cette application s'est traduite par l'apparition d'une communauté, entretenue par l'entreprise.

Waze, une application communautaire

L'entreprise *Waze* est née du constat que les systèmes de navigation israéliens étaient très chers, donc peu accessibles au grand public. Le concept est simple, et gratuit : les utilisateurs de l'application, en empruntant des axes de circulation et en se géolocalisant, contribuent à générer une carte gratuite, qui gagne en précision à mesure que le nombre d'utilisateurs, et donc de données produites, augmente. Cet effet de réseau entre voitures « interconnectées » permet aujourd'hui d'ouvrir le champ à de nouvelles fonctionnalités très utiles, comme la capacité, en conditions réelles, d'estimer à la minute le temps d'un trajet – vos rapporteuses ont pu s'en rendre compte, par exemple sur un trajet Tel-Aviv - Jérusalem, où les congestions sont fréquentes.

Les utilisateurs sont donc le cœur du modèle de *Waze* – ils sont plus de 3 millions en France, et 50 millions dans le monde. Organisés en communauté – ils se dénomment les « *wazers* » –, ils partagent leur expérience, proposent des idées ou de nouvelles routes à explorer. Pendant la conduite, les autres *wazers* sont visibles sur la carte géolocalisée de son smartphone. Si un *wazer* communique à l'application des informations sur son trajet (formation d'un bouchon, accident, présence des forces de l'ordre, prix des stations essence), les autres utilisateurs peuvent corroborer ou infirmer cette information, ce qui permet, par agrégation des comportements individuels, de parvenir à un niveau élevé de pertinence des informations transmises. Les *wazers* les plus dynamiques sont d'ailleurs « récompensés » par l'application, en leur permettant d'accéder à des profils valorisés par la communauté – de « bébé *wazer* » pour les novices à « roi *wazer* ». Enfin, l'entreprise fait vivre sa communauté en organisant des soirées de rencontre et d'échanges entre *wazers*.

Le succès de l'entreprise, aujourd'hui forte de 300 salariés, a conduit à son rachat par Google et à la conclusion de nombreux partenariats avec des compagnies de taxi ou avec des collectivités publiques. L'exemple évoqué par les représentants de *Waze* que vos rapporteuses ont pu rencontrer est celui de la gestion du trafic à Rio de Janeiro pendant les Jeux olympiques de 2016. L'entreprise et la mairie ont mis en commun des infrastructures, des logiciels et des données pour améliorer en temps réel les perspectives de circulation face à l'afflux massif de visiteurs dans la ville.

Les développements antérieurs ont fourni d'autres exemples de création de lien social grâce aux objets connectés : les sportifs se retrouvent sur *Strava*, les citoyens engagés créent des collectifs de mesures décentralisées du bruit ou de la pollution...

Avec l'essor de l'internet des objets, d'autres usages sociaux des objets connectés vont apparaître. Par exemple, dans une société où les enjeux de dépendance vont nécessairement s'accroître avec le vieillissement de la population, les objets connectés pourraient avoir une fonction de « désenclavement » de certaines populations fragiles, grâce à la surveillance à distance. Les déserts médicaux pourraient trouver dans l'internet des objets un expédient utile au manque de professionnels disponibles pour soigner les personnes malades.

La ville intelligente ou les objets connectés au service de la collectivité

Les « *smart cities* » sont aujourd'hui pionnières dans l'utilisation des objets connectés pour améliorer le quotidien des citoyens. Selon une étude du cabinet britannique Gartner, les villes intelligentes font usage de 1,6 milliard d'objets connectés en 2016⁽¹⁾, dont une large part est utilisée pour les services publics.

Éléments de la ville connectée	2015	2016	2017	2018
Santé	3,4	5,3	8,4	13,4
Services publics	339,2	417,6	513,7	630,9
Immeubles commerciaux	377,3	518,1	733,7	1,064,8
Maisons individuelles	174,3	339,1	621,8	1,073,7
Transports	276,9	347,5	429,2	517,4
Autre	8,6	13,3	20,8	32,3
Total	1,179,7	1,641,0	2,327,7	3,332,5

Calculs d'après Gartner (décembre 2015)

Les services publics de la ville tirent profit des objets connectés pour rendre l'intervention publique plus efficace et pour réaliser des économies. Par exemple, la métropole de Lyon a recours à des bennes à ordures dotées de capteurs de pression qui permettent de connaître leur taux de remplissage et d'orienter les tournées des services de nettoyage de la collectivité. Avec les données collectées, les services peuvent ajuster l'emplacement et le nombre de bennes pour être au plus près des besoins des habitants. Certaines périodes de pointe (manifestations sportives, périodes chaudes) peuvent également être anticipées.

De même, l'équipement des villes en éclairage public intelligent – des ampoules LED connectées –, qui permet d'optimiser en temps réel les zones d'éclairage, a comme principal intérêt de dégager d'importantes économies. La ville de Buenos Aires, une des premières grandes métropoles ayant effectué cette transition (70 % de la ville est couverte par un éclairage connecté, soit 91 000 lampadaires), aurait ainsi réalisé 50 % d'économies d'énergie, selon son prestataire, Philips⁽²⁾. Pour aller encore plus loin, le capteur *Citysense*, développé par Tvilight, propose de détecter automatiquement les mouvements de circulation (à pied, en deux roues ou en voiture) pour diffuser l'éclairage public nécessaire.

Enfin, pour améliorer la sécurité des citoyens, les transports en commun s'équipent de capteurs permettant de limiter les accidents liés aux angles morts. L'entreprise israélienne Mobileye, leader sur les capteurs intelligents pour les transports, a ainsi

(1) Gartner, « *Internet of Things. Endpoints and Associated Services, Worldwide* », étude prévisionnelle de décembre 2015

(2) Philips, « *Buenos Aires : Pioneering scalable connected lighting* », étude de cas, juillet 2016

développé une offre d'équipement en caméras à destination des autobus, permettant d'émettre un signal sonore si une activité – un cycliste par exemple – est détectée dans un des quatre angles morts du véhicule (le logiciel de traitement de l'information permet de distinguer une activité humaine d'un objet statique, et donc d'éviter les fausses alertes). Comme souvent, cette offre d'équipement se double d'une offre de service à destination de la collectivité : les alertes peuvent être enregistrées, collectées et traitées pour identifier, en temps réel ou sur longue période, les principales zones à risque dans la ville. Les facteurs de collision sont mieux connus, les points noirs peuvent faire l'objet d'une attention accrue.

Dans cette perspective, l'internet des objets peut être un internet plus inclusif. Cela suppose, toutefois, de réduire sensiblement la fracture numérique qui traverse encore nos territoires.

b. Les objets connectés sont également porteurs de risques d'exclusion

Le premier risque de maintien de la fracture numérique malgré l'apparition des objets connectés est celui du coût d'accès. Aujourd'hui, les objets connectés ne sont pas nécessairement abordables, et la plupart des services qu'ils rendent nécessitent la détention d'un smartphone, qui est également un bien dit « supérieur ». En 2016, selon le baromètre du numérique ⁽¹⁾, 65 % des Français sont équipés d'un smartphone. Cette proportion augmente sensiblement (le taux d'équipement était de 46 % en 2014 et de 58 % en 2015), mais laisse toujours un tiers de Français en dehors de la « révolution » des objets connectés – certes, parfois par choix. Comme toute évolution technologique majeure, l'accessibilité financière des objets connectés va augmenter tendanciellement, mais il est à craindre que les Français qui subissent déjà, aujourd'hui, la fracture numérique, soient également demain les derniers à s'équiper et à avoir accès aux services rendus par l'internet des objets.

Le deuxième risque porte sur les usages de l'internet des objets. Plusieurs travaux ont mis en évidence le fait que la fracture numérique ne porte plus uniquement sur le taux d'équipements numériques, mais également sur les usages des technologies numériques – on parle alors de fracture numérique de second degré ⁽²⁾. Les personnes âgées, par exemple, peuvent aujourd'hui être équipées de smartphones et d'ordinateurs personnels connectés à internet, mais n'en tirent pas tous les bénéfices possibles, par méconnaissance des usages possibles, par manque de formations disponibles ou à cause de l'investissement en temps et en énergie nécessaire. Vos rapporteuses faisaient déjà ce constat en 2011 : « la fracture numérique territoriale apparaît moins importante que la fracture numérique sociale – qui frappe avant tout les seniors pour des raisons d'intérêts et de compétences, et les

(1) Agence du numérique, ARCEP, Conseil général de l'économie, Baromètre du numérique, novembre 2016

(2) Parmi les travaux précurseurs, voir P. DiMaggio et H. Eszter, « From the "Digital Divide" to "Digital Inequality": Studying internet use as penetration increases », Princeton University, 2002. De façon plus récente, voir H. Charmarkeh, « Les personnes âgées et la fracture numérique de "second degré" : l'apport de la perspective critique en communication », Revue française des sciences de l'information et de la communication, 2015.

pauvres pour des questions de ressources »⁽¹⁾. Il reste aujourd'hui, malheureusement, d'actualité.

L'internet des objets pourrait donc confirmer un constat sociologique classique : les personnes qui s'emparent des potentialités des objets connectés, notamment pour améliorer leurs habitudes de vie ou avoir des comportements plus sains, sont celles qui en ont le moins besoin : catégories socio-professionnelles supérieures, jeunes, urbains. Cette fracture des usages du numériques serait d'autant plus grave si, demain, les services publics recourant aux objets connectés pour améliorer leur efficacité ne parvenaient pas à toucher toute la population.

Le dernier risque porte sur la couverture numérique du territoire. Le déploiement nécessaire de nouveaux réseaux pour assurer la connexion des objets connectés ne devra pas répliquer le phénomène de zones « blanches » ou « grises » qui émaillent déjà le territoire, que ce soit en 4G, en 3G ou même en 2G.

Recommandation n° 12 : Adapter les actions de médiation numérique et de formation aux outils du numérique à l'arrivée de l'internet des objets, dans une perspective de maintien de l'accessibilité du service public.

Recommandation n° 13 : Développer une stratégie e-santé de prévention à destination des populations fragiles ou particulièrement exposées à des risques sanitaires. Les objets connectés qui participent de cette politique de prévention pourraient être au moins partiellement pris en charge par la Sécurité sociale.

(1) C. Erhel et L. de La Raudière, *Rapport d'information n° 4029 sur la mise en application de la loi n° 2009-1572 du 17 décembre 2009 relative à la lutte contre la fracture numérique*, décembre 2011

SECONDE PARTIE

L'INTERNET DES OBJETS, DES OPPORTUNITÉS À SAISIR POUR LA FRANCE

Dans la révolution de l'internet des objets, la France peut légitimement prétendre à une position d'avant-garde. Les événements phares de mise en valeur du potentiel des objets connectés en 2016 – CES de Las Vegas, MWC de Barcelone – ont d'ailleurs été des démonstrations de force du « pavillon France », tant en termes de nombre d'entreprises représentées que de succès auprès du public.

La France bénéficie en effet, pour commencer, d'un écosystème de l'innovation qui s'est considérablement renforcé ces dernières années (I). S'il est encore largement perfectible, notamment en termes de financement des jeunes entreprises innovantes ou s'agissant du passage à la maturité des startups – le *scale-up* –, cet écosystème fait montre d'un véritable dynamisme entrepreneurial, s'appuyant sur des compétences reconnues dans les nouveaux métiers de la donnée, dans les sciences de l'ingénieur ou dans les mathématiques appliquées. En outre, les soutiens publics et privés à l'innovation se sont multipliés, et structurés. La bannière *French Tech* s'étend désormais à l'international, tandis que l'accompagnement des jeunes entreprises dans des structures d'appui – incubateurs, accélérateurs – se généralise, en particulier en région parisienne. D'autre part, des écosystèmes locaux se sont construits autour de l'internet des objets pour tâcher d'en tirer tout le potentiel : c'est en particulier le cas de Toulouse ou d'Angers.

Réussir le virage de l'internet des objets en France est donc à portée de main (II). Il faudra veiller à ce que les avantages comparatifs de la France, en matière d'infrastructures de réseaux soient maintenus par un effort tourné spécifiquement vers les objets connectés. Des défis restent à surmonter : l'environnement fiscal français pourrait inciter davantage à l'innovation et être plus attrayant pour les investisseurs internationaux. En outre, face au phénomène de désindustrialisation qui frappe notre pays depuis quarante ans, l'internet des objets, grâce à son fort effet de levier sur le tissu industriel, pourrait constituer une voie de réindustrialisation bénéfique en termes d'emplois et en termes de croissance.

I. UN ÉCOSYSTÈME DE L'INNOVATION ENCORE PERFECTIBLE

A. DES COMPÉTENCES ET UN DYNAMISME ENTREPRENEURIAL RECONNUS

1. L'enseignement supérieur et la recherche se positionnent sur l'internet des objets

a. L'interface entre l'enseignement supérieur et la recherche et les entreprises s'améliore

Le constat est connu : la France dispose d'une excellente recherche fondamentale mais peine parfois à traduire ses résultats en applications industrielles tournées vers l'avenir. Est régulièrement pointé du doigt le faible développement, au sein des organismes publics d'enseignement supérieur et de recherche, de structures consacrées à la valorisation des recherches qui y sont menées.

Le transfert vers les entreprises des résultats de la recherche publique a ainsi longtemps été insuffisant. La loi n° 99-586 du 12 juillet 1999 sur l'innovation et la recherche (dite « loi Allègre ») a voulu répondre à ce défi en créant un dispositif d'incubateur public. Ainsi, en 2015, vingt-trois incubateurs de la recherche publique sont soutenus par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Dans le domaine de la santé, les incubateurs Paris Biotech Santé, en région parisienne, et Eurasanté, en Hauts-de-France, accompagnent la transition de projets de recherche en initiatives économiques.

Par la suite, la loi n° 2006-450 du 18 avril 2006 a créé des dispositifs mutualisés de transfert de technologie (DMTT), transformés en sociétés d'accélération du transfert de technologie (SATT) par la loi de finances rectificative n° 2010-237 du 9 mars 2010. Une SATT est une société par actions simplifiées à actionnariat public créée pour assurer l'interface entre les laboratoires publics et les entreprises.

Ces structures successives ont cependant connu un succès mitigé du fait d'un certain nombre de fragilités structurelles (doublon avec des structures internes aux établissements de recherche, hétérogénéité des différentes SATT et de leurs financements)⁽¹⁾. Toutefois, des initiatives plus récentes, orientées vers le *big data* et l'internet des objets, offrent de meilleures perspectives.

D'une part, les formations qui émergent dans le domaine du traitement des données massives se développent, autour des nouveaux métiers que constituent le *data scientist* et le *data architect*. Le but de ces formations est à la fois de répondre à une nouvelle demande de compétences de la part des entreprises et

(1) Voir, par exemple, le rapport n° 1042 de M. Vincent Feltesse, rapporteur, réalisé au nom de la commission des affaires culturelles et de l'éducation sur le projet de loi relatif à l'enseignement supérieur et à la recherche, mai 2013

d'assurer que la France dispose d'une économie des données fiable et pertinente. Parmi les formations qui peuvent aujourd'hui être relevées :

- Le master spécialisé en *data science* de l'ENSAE ;
- Le master spécialisé *big data* de Télécom ParisTech ;
- Le master scientifique « *big data for business* » de l'École polytechnique et HEC, lancé en septembre 2016 ;
- Le master « *big data* : analyse, management et valorisation responsable » de l'école de management de Grenoble et de l'ENSIMAG ;
- Le master « *big data* et fouille de données » de l'Université Paris-VIII.

Ces formations permettent de développer une culture de la science des données et de l'importance de la récolte des données dans la prise en compte des problématiques des objets connectés au sein des grandes écoles et chez les chercheurs des universités. Les qualités des ingénieurs français sont reconnues dans le monde entier dans le domaine de l'analyse des données. Mais même si ces formations existent, elles ne sont pas suffisantes en nombre pour satisfaire les besoins croissants des entreprises dans les nouveaux métiers de la science des données.

Recommandation n° 14 : Inciter les universités à développer des formations de sciences de la donnée.

Par ailleurs, certains grands organismes de recherche ont mis en place des programmes autonomes pour valoriser la recherche dans le domaine des objets connectés et encourager la création et le développement d'entreprises innovantes. Par exemple, l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) invite à la recherche sur les objets connectés dans le domaine de la santé et sur les enjeux qui leur sont liés en termes de sécurité des données. Ainsi en 2015, l'appel à projets de recherche « Aviesan » fut lancé pour permettre d'établir à la fois la place des objets connectés et du *big data* en épidémiologie, et de mettre au point des méthodes pour l'exploitation des *big data*, l'intégration et l'interopérabilité dans le contexte d'un environnement de recherche ou dans un système de soins. Les résultats de cet appel à projet seront bientôt connus.

De même, l'Institut de recherche en informatique et en automatique (INRIA) a pris la mesure de la révolution de l'internet des objets et a développé une stratégie organisée autour de ses enjeux.

b. INRIA, à la pointe sur les objets connectés

Créé en 1967, INRIA a pour missions de produire une recherche d'excellence dans les champs informatiques et mathématiques des sciences du numérique et de réfléchir à l'impact économique et sociétal de cette recherche. Le

champ des objets connectés a donc été naturellement la cible des dernières initiatives de l'institut.

Ainsi, dans le cadre du programme d'investissements d'avenir (PIA), INRIA a lancé, en 2011, la plateforme technologique FIT (pour *Future Internet of Things*), qui s'appuie sur trois plateformes d'expérimentation, entre autres dans le domaine des robots, des radiofréquences ou de la domotique.

L'IoT-Lab d'INRIA

La création de l'*IoT-Lab*, structure destinée au test, en grandeur nature, des technologies de l'internet des objets est une initiative assez originale.

Le « Lab » est implanté au centre de recherche INRIA Lille-Nord Europe, mais s'appuie sur d'autres sites répartis dans toute la France. Il met à la disposition des utilisateurs des réseaux de capteurs sans fil, accessibles à distance, qui permettent de tester des algorithmes de gestion des objets connectés. Ces utilisateurs peuvent être des équipes de recherche, des industriels, des petites entreprises, qui souhaitent tester leur produit sans devoir investir dans des équipements coûteux.

Le réseau de capteurs ainsi mis à disposition compte aujourd'hui 2 700 unités, réparties sur 8 sites.

Source : INRIA

L'action d'INRIA dans l'écosystème de l'innovation est plus générale : l'institut a accompagné la création de 120 startups au total, par amorçage ou par prise de participations, ainsi qu'en encourageant les transferts technologiques. L'INRIA a également conclu des partenariats avec Hitachi, Orange ou encore Alcatel-Lucent pour les connecter à ses jeunes pousses.

Les sociétés de technologie issues d'INRIA industrialisent des produits issus de prototypes de recherche ou diffusent le savoir-faire acquis. Parmi les startups ainsi créées, on peut citer :

– Alerion (2015) : l'entreprise propose des solutions intelligentes par et pour les drones, conçues ou adaptées à la demande des entreprises ;

– NeoSensys (2014) : elle propose des solutions de vidéosurveillance pour la grande distribution utilisant la synergie entre des caméras à très haute définition et des algorithmes de pointe dans le traitement de l'image par ordinateur ;

– Therapixel (2013) : Therapixel propose aux chirurgiens une solution interactive de visualisation et d'analyse d'images médicales en salle d'opération, assurant une complète stérilité d'utilisation sans contact.

Recommandation n° 15 : Engager une évaluation des sociétés d'accélération du transfert des technologies (SATT) et des dispositifs similaires de transferts de technologies pour davantage valoriser économiquement les produits de la recherche publique.

2. La France connaît toujours un véritable dynamisme entrepreneurial

a. La très bonne forme des startups françaises

De nombreux articles de presse en font l'écho : créer sa startup est le nouvel horizon des carrières professionnelles de nombreux jeunes diplômés, issus d'écoles de commerce ou d'écoles d'ingénieur.

Ainsi, selon l'indice entrepreneurial français, lancé cette année par l'Agence France Entrepreneur⁽¹⁾, 52 % des Français de moins de 30 ans estiment que l'entrepreneuriat est le choix de carrière le plus intéressant. Ils sont plus nombreux dans ce cas que les générations antérieures (45 %).

S'il est délicat de décompter avec précision le nombre de startups en France, étant donné leur grande volatilité, il est toutefois possible de quantifier le succès de cette forme d'entrepreneuriat aujourd'hui. Ainsi, selon un baromètre EY-France Digitale paru cette année⁽²⁾, auquel 224 jeunes entreprises ont participé, deux constats principaux peuvent être dressés :

– Une « hypercroissance viable » : le chiffre d'affaires des startups ne cesse de croître, indépendamment de leur taille (3 Mds€ au total en 2014 et 4,2 Mds€ en 2015, soit une hausse de 39 % en un an). La croissance provient aussi bien du chiffre d'affaires réalisé en France qu'à l'international. La France dispose aujourd'hui de champions internationaux (Critéo, Blablacar, Sigfox) mais aussi d'une génération d'entreprises ayant d'emblée attaqué le marché mondial, et qu'on appelle les « *born global* » ;



Source : EY-France Digitale (2016)

– Des effectifs en hausse, principalement localisés en France. Les startups du panel emploient 13 809 personnes en 2015, une hausse de 27 % par rapport à 2014. En moyenne, 13 emplois ont été créés dans chaque startup. La tendance devrait également être à la hausse en 2016 puisque 94 % se disent prêts à embaucher à nouveau.

Le cadre français est, en outre, propice au développement de cet esprit entrepreneurial. Les initiatives privées de soutien à la création et au

(1) Agence France Entrepreneur, « Indice entrepreneurial français », première enquête, novembre 2016

(2) EY, France Digitale, « La performance économique et sociale des startups numériques en France », baromètre 2016

développement de startups se multiplient (voir ci-après), et les initiatives publiques sont également très diverses. Parmi celles-ci, et sans prétendre à l'exhaustivité, on peut évoquer :

- la « bourse des nouveaux entrepreneurs » pour rendre accessible à tous la création d'entreprises innovantes : environ 10 millions d'euros ont déjà été mobilisés pour proposer 300 bourses à des créateurs d'entreprises innovantes, qui ne peuvent bénéficier d'apports financiers de proches (la « *love money* ») ou du soutien d'infrastructures publiques (comme les laboratoires de recherche) ;

- le fonds Bpifrance pour encourager l'entrepreneuriat dans les quartiers prioritaires de la politique de la ville. Il servira également à développer des infrastructures d'information, d'hébergement et d'accompagnement de ses entreprises ;

- la création d'un label « étudiant entrepreneur » : il permet à un jeune diplômé de bénéficier du statut étudiant et d'une couverture sociale pendant la finalisation de son projet d'entreprise, même après l'obtention de son diplôme ;

- la création des pôles étudiants pour l'innovation, le transfert et l'entrepreneuriat : 29 PEPITE sont aujourd'hui présents sur tout le territoire français pour accompagner les jeunes souhaitant devenir entrepreneurs. Ils associent établissements d'enseignement supérieur, acteurs économiques et associations. Chaque étudiant est suivi par un enseignant et un référent externe du réseau PEPITE (généralement un entrepreneur) ;

- la création d'un « Pass'entrepreneur » en 2016 : ce portail numérique permettra de recenser l'offre d'accompagnement à la disposition des entrepreneurs au niveau régional ; dans une logique de simplification administrative, il permettra également de donner accès à des démarches en ligne pour construire son projet, construire son financement, demander une aide et signaler les complexités administratives et réglementaires qui demeurent ;

- le concours de l'innovation numérique pour accélérer le développement des startups de Bpifrance. Les projets retenus sont soutenus au maximum à hauteur de 50 % des dépenses, pour moitié en subvention et pour moitié en avance remboursable ;

- le soutien financier plus général du programme d'investissements d'avenir pour sa partie « économie numérique » : 4 milliards d'euros sont progressivement investis pour faire émerger de nouveaux acteurs, favoriser l'innovation technologique et moderniser l'action publique (donc stimuler l'offre de services, par exemple dans l'éducation numérique).

b. Relever le défi du « scale-up »

Le constat le plus souvent dressé à propos des jeunes entreprises françaises tient à la facilité d'entreprendre, mais à la difficulté de développer son entreprise.

Ainsi, est souvent diagnostiquée la difficulté de franchir le « *scale-up* », qui est le cap qui permet à une startup de basculer vers un statut d'entreprise de taille plus importante, ayant trouvé son modèle économique et en mesure de poursuivre sa croissance, en particulier à l'international.

Les principaux freins au développement des startups résident aujourd'hui dans des obstacles matériels : réussir des levées de fonds, notamment auprès d'investisseurs étrangers ; ou administratifs : parvenir à maîtriser un environnement qui se complexifie à mesure que l'entreprise grandit – respect du droit du travail et de ses effets de seuil, par exemple ; s'internationaliser rapidement. Il s'agit aussi d'obstacles plus psychologiques : en raison d'une insuffisante culture de la prise de risque, l'échec est souvent pointé du doigt en France.

L'importance de l'internationalisation se justifie par la taille modeste du marché domestique, tandis que le marché du numérique est probablement le plus affranchi des frontières : dans le domaine des objets connectés, en particulier, une entreprise qui ne se concentrerait que sur la demande française se confronterait à un risque de ne pas parvenir à la taille critique nécessaire pour affronter la concurrence internationale. Cette difficulté a été évoquée lors du déplacement de la mission en Israël : les startups de ce pays, confrontées au même problème, ont plus rapidement le réflexe stratégique d'orienter leur offre sur plusieurs marchés étrangers, et augmenter ainsi leur potentiel de croissance et, à terme, de succès.

Enfin, et il s'agit là d'un élément qui rapproche plutôt Israël de la France, il est possible de relever l'apparition d'une culture de l'« exit » pour les entreprises innovantes dont les perspectives sont les plus prometteuses. L'« exit » désigne la décision qui consiste à céder son entreprise à un plus grand groupe, à un stade crucial de son développement. L'intérêt pour les entrepreneurs est clair : ces rachats, pour les plus fameux, se chiffrent en millions, voire milliards de dollars et apportent une plus grande sécurité (financière et commerciale) au projet porté par l'entreprise, tandis que la stratégie d'une croissance « autonome »⁽¹⁾ présente de nombreuses embûches. Dans le domaine des objets connectés, il s'agit par exemple de Nest, Waze, Oculus VR – rachetés par les géants Google ou Facebook – et, en France, de Withings, racheté par Nokia.

D'un point de vue économique, toutefois, ces entreprises auraient pu devenir des champions nationaux – des « licornes » – et avoir des effets bénéfiques sur l'ensemble du tissu productif. En outre, les forts soutiens publics à l'innovation ne sont pas rentabilisés : l'importante valeur ajoutée qui était attendue d'une entreprise innovante se retrouve captée par des groupes étrangers, sans garantie que les retombées économiques de sa croissance profitent prioritairement à l'emploi ou au marché français.

(1) Un « exit » n'affecte pas nécessairement le fonctionnement de l'entreprise rachetée : son management comme son organisation peuvent être inchangés après le rachat.

B. LES SOUTIENS À L'INNOVATION SE SONT ORGANISÉS

1. La bannière *French Tech* a permis de structurer les soutiens publics

a. Les dispositifs existants sont adaptés au développement des objets connectés français

Les dispositifs français de soutien à l'innovation – réglementaires, fiscaux ou financiers – sont nombreux et déjà bien connus. Il peut être utile de rappeler en quoi leur fonctionnement peut favoriser l'émergence d'entreprises innovantes tournées vers la production d'objets connectés :

– le crédit d'impôt innovation (CII), créé par la loi de finances pour 2013 ⁽¹⁾ permet aux petites et moyennes entreprises de bénéficier d'un crédit d'impôt de 20 % jusqu'à 400 000 € sur leurs dépenses d'innovation postérieures au 1^{er} janvier 2013, à condition que celles-ci portent sur la conception ou la fabrication de prototypes ou de pilotes d'un produit nouveau ;

– les investissements réalisés par les petites et moyennes entreprises entre le 1^{er} octobre 2013 et le 31 décembre 2015 dans le domaine de la robotique industrielle sont accompagnés par un dispositif d'amortissement accéléré sur 24 mois, étendu aux imprimantes 3D.

– le statut des jeunes entreprises innovantes (JEI) autorise désormais que l'exonération totale des cotisations patronales jusqu'à la septième année suivant la création des JEI soit étendue aux personnels affectés à des dépenses d'innovation (prototypage, design, etc.).

L'efficacité de ce dernier dispositif est incontestée. La Commission européenne ⁽²⁾ a ainsi classé le statut JEI en première position à l'échelle européenne, parmi les incitations fiscales à la R&D appliquées dans 26 des États membres. Le projet de loi de finances pour 2017 prévoit de prolonger son fonctionnement jusqu'au 31 décembre 2019 ⁽³⁾.

(1) Loi n° 2012-1509 du 29 décembre 2012 de finances pour 2013

(2) Commission européenne, « A Study on R&D Tax Incentives Final report », Taxation papers n° 52, 2014

(3) Projet de loi de finances pour 2017, deuxième partie, article 45

L'extension du dispositif des JEI : une mesure bienvenue

Institué en 2004, le dispositif de soutien aux jeunes entreprises innovantes (JEI) ouvre droit à des réductions d'impôts et de charges sociales dans l'optique de favoriser le développement d'un réseau de jeunes petites et moyennes entreprises dynamiques et compétitives.

Pour être qualifiée de jeune entreprise innovante, l'entreprise doit avoir moins de huit ans et réaliser au moins 15 % de dépenses de recherche dans ses dépenses totales. Elle doit également employer moins de 250 personnes, réaliser un chiffre d'affaires inférieur à 50 millions d'euros au cours de l'exercice et ne pas avoir été créée dans le cadre d'une restructuration d'entreprises. Enfin, son capital social doit être continuellement détenu à 50 % au moins par des personnes physiques (avec des exceptions encadrées par la loi, à destination, par exemple, des fonds de capital-risque ou des fondations). Enfin, la JEI doit être dirigée ou directement détenue (à hauteur de 10 % de son capital social) par des étudiants, des jeunes diplômés ou des chercheurs et enseignants.

Les exonérations de charges sociales portent sur les cotisations patronales et familiales (pour un salaire versé jusqu'à 4,5 fois le SMIC et dans une limite d'environ 200 000 euros par an). De plus, le statut de JEI permet de bénéficier d'avantages fiscaux, comme une exonération d'imposition sur le bénéfice des sociétés (100 % d'exonération la première année et 50 % pour la suivante). Cette exonération fonctionne également sur l'imposition sur le revenu des personnes physiques, si la JEI a un statut qui l'assujettit à cet impôt plutôt qu'à l'impôt sur les sociétés. De même, si les collectivités territoriales le décident, les JEI peuvent être exonérées, pendant sept ans, de la cotisation économique territoriale et de la taxe foncière.

Plus de 6 600 entreprises ont bénéficié du dispositif depuis sa création en 2004. Au total, ces entreprises ont été exonérées de charges sociales et fiscales respectivement à hauteur de 1 050 millions d'euros (dont 109 millions d'euros en 2013) et de 120 millions d'euros (dont 8 millions d'euros en 2013). Depuis 2008, soit après quelques années de montée en charge, le nombre d'entrées annuelles dans le dispositif JEI est stable – entre 500 et 700. Le coût pour les finances publiques est seulement de 11,5 millions d'euros par an.

b. Le coup de fouet de la French Tech

Vos rapporteuses avaient déjà rendu compte de l'importance de l'initiative *French Tech* dans leur précédent rapport de 2014⁽¹⁾. Ce dispositif marque une étape décisive dans la reconnaissance de plusieurs écosystèmes performants et spécialisés sur tout le territoire.

Pour mémoire, en novembre 2013, le Gouvernement a lancé la *French Tech* comme un nouveau label destiné à désigner les territoires les plus favorables au développement des startups. La *French Tech* a pris la suite de l'initiative « Quartiers numériques ». Elle s'inspire d'initiatives menées par nos partenaires en faveur du développement des startups, comme *Tech City* à Londres ou *Startup Berlin* en Allemagne.

(1) C. Erhel et L. de La Raudière, rapport d'information n° 1936, op. cit

(i) *La French Tech est conçue comme une bannière*

La *French Tech* désigne avant tout l'écosystème existant des startups françaises, c'est-à-dire l'ensemble des personnes qui travaillent dans ou avec les startups françaises en France ou à l'étranger.

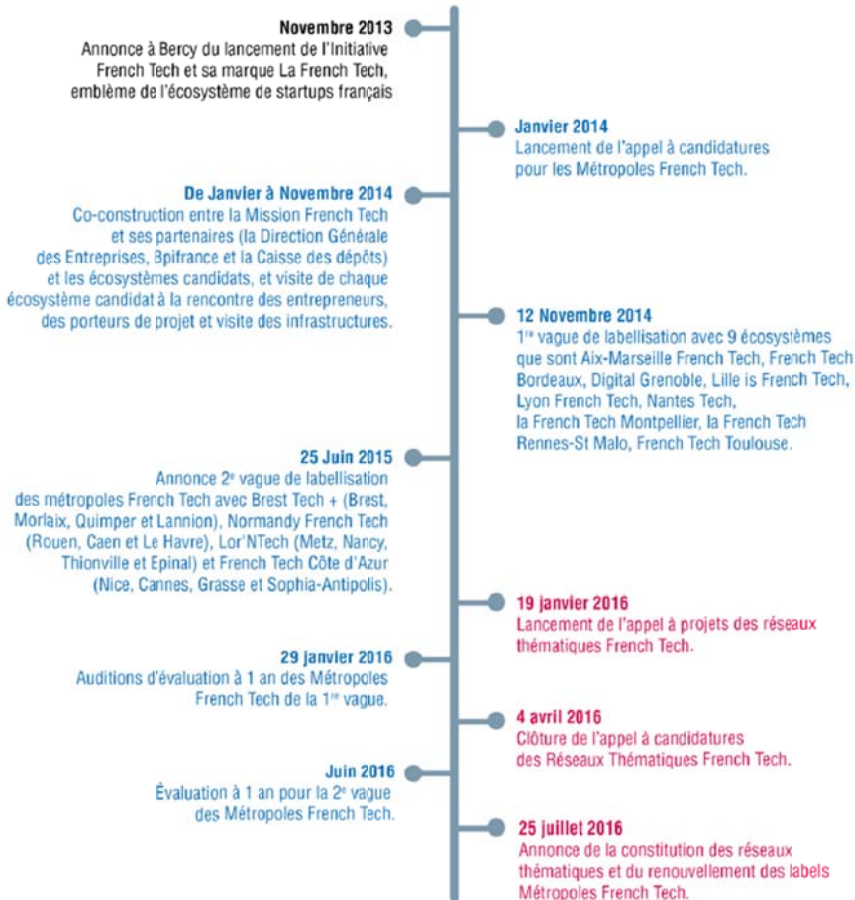
Par ailleurs, c'est aussi un dispositif public, « Initiative *French Tech* », doté de 215 millions d'euros dans le cadre du programme d'investissements d'avenir, dont l'ambition est la stimulation et la structuration d'écosystèmes locaux. Aujourd'hui la *French Tech* a mis en place de nouvelles initiatives qui peuvent être saluées :

– la création du fonds « *French Tech* Accélération », qui a déjà investi dans 5 accélérateurs (dont 2 issus des métropoles labellisées *French Tech*), à hauteur d'un montant total de 30 millions euros ;

– la mise en place du dispositif d'accueil des lauréats du concours « *French Tech* Ticket », organisé à destination d'entrepreneurs étrangers souhaitant créer une entreprise en France, et qui a connu sa première application en 2016 à Paris. Il sera étendu à toutes les métropoles *French Tech* sur tout le territoire avec l'arrivée de 70 startups étrangères en janvier 2017 ;

– le déploiement de la « bourse *French Tech* » : 655 bourses *French Tech* ont été accordées en 2015 par Bpifrance, d'un montant variant entre 10 000 et 30 000 euros de capital d'amorçage, pour un montant total de 17 millions d'euros.

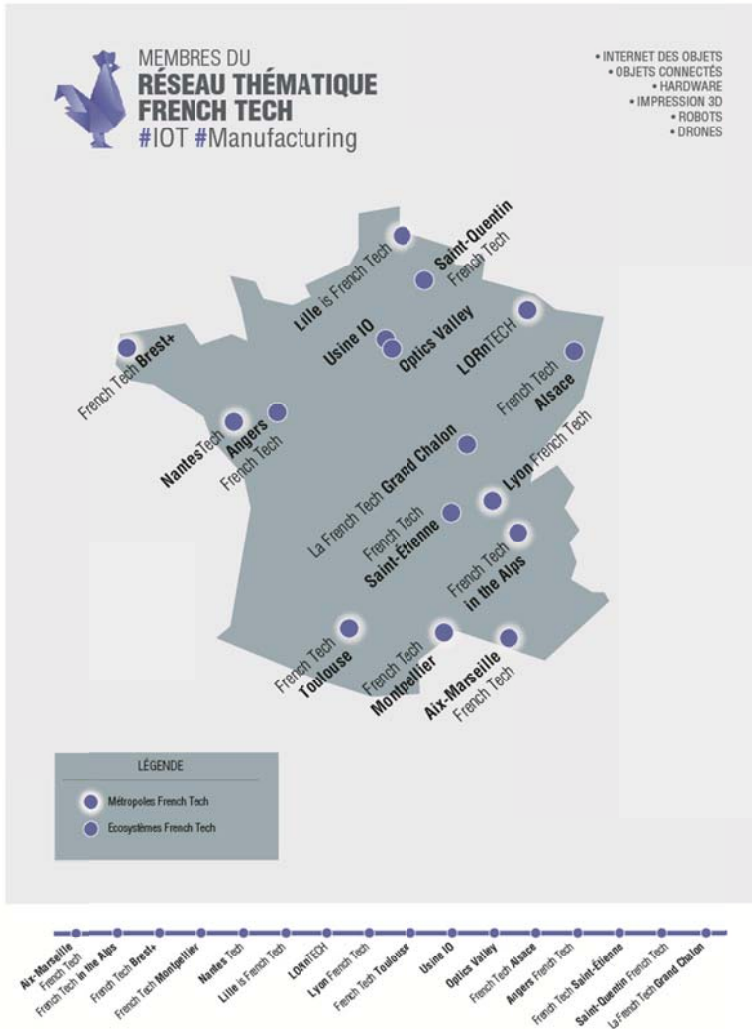
**Les dates clés du dispositif de fédération des écosystèmes
French Tech en France**



Vos rapporteuses se félicitent de ce que l'initiative *French Tech* arrive aujourd'hui à maturité et se structure effectivement en filières et réseaux pour gagner en performance.

En juillet 2016, 13 labels « Métropoles *French Tech* » ont en effet été délivrés, au sein de plusieurs réseaux thématiques. Ils permettent de reconnaître les efforts déployés par les collectivités publiques pour dynamiser l'innovation dans leur territoire. En juin 2015, la labellisation a, par exemple, été obtenue pour les collectivités de Brest, de Lannion (qui dispose d'un technopole, Anticipa), de Morlaix et de Quimper. L'ensemble forme la *French Tech* « Brest+ ».

Les métropoles se structurent donc désormais au sein de neuf réseaux thématiques. L'un d'entre eux porte sur l'internet des objets (*#IoT*), comme l'illustre la carte ci-dessous. Ces réseaux, constitués essentiellement d'entrepreneurs, visent à stimuler les écosystèmes locaux, en ayant pour objectif la croissance de leurs startups et l'émergence de leaders internationaux. La pertinence de la segmentation du réseau national des métropoles *French Tech* en réseaux thématiques tient à la reconnaissance de la spécificité de chaque écosystème, de la santé (*#HealthTech*) à l'éducation (*#EdTech*), en passant par les technologies vertes (*#CleanTech*) ou les sports (*#Sports*).



Source : French Tech

Enfin, un réseau international *French Tech* s'organise également autour d'un programme de promotion de la communauté *French Tech* à l'international, notamment au sein de grands événements comme le *CES* de Las Vegas. Enfin, des communautés *French Tech* locales appelées « *French Tech Hubs* » mettent en relation des entrepreneurs français installés à l'étranger, pour promouvoir la marque France. Certains de ces entrepreneurs, les « ambassadeurs » de la *French Tech*, sont chargés d'assurer le développement de ces communautés.

6 nouveaux *French Tech Hubs* à l'international rejoignent les 5 communautés d'entrepreneurs et d'investisseurs français de l'étranger déjà constituées : *French Tech* Montréal, *French Tech* Cape Town, *French Tech* Abidjan, *French Tech* Barcelone, *French Tech* Hong Kong et *French Tech* Londres.

Vos rapporteuses ont ainsi pu observer comment la *French Tech*, en partenariat avec Business France, mettait en avant les jeunes entreprises françaises lors du salon *Mobile World Congress* de Barcelone, en février 2016. Un pavillon « France » de grande taille permettait de promouvoir l'écosystème français – pour la dixième année consécutive – et bénéficiait de la présence de responsables opérationnels de grands groupes, comme Orange, pour en assurer la visibilité au sein du salon. Le pavillon a accueilli 115 entreprises françaises, soit plus de 60 % des entreprises françaises présentes sur le salon.

En marge de ce dernier, Business France et la *French Tech* ont organisé un *hackathon*, ou concours de startups, pour donner la possibilité à huit projets de startups d'avoir accès à des infrastructures et des équipements leur permettant, au bout de trois jours, de présenter un projet et un prototype d'objet connecté.



Source : mission French Tech, juin 2015

c. Des écosystèmes locaux tournés vers l'internet des objets

(i) Angers, dans le giron de la French Tech

Bénéficiant d'une dynamique locale indéniable, portée par la Cité de l'objet connecté, la ville d'Angers s'est vue reconnaître en juin 2015 le label *French Tech*. La mission a pu visiter la Cité et rencontrer ses représentants, ainsi que le maire de la ville, M. Christophe Béchu.

L'Angers *French Tech* (AFT) s'est construit comme un « écosystème thématique » mobilisé autour des objets connectés, grâce à un tissu économique local déjà important : en 2014, sur 900 entreprises du numérique, représentant 7 000 emplois, 711 entreprises ont choisi de s'inscrire dans la dynamique *French Tech*.

L'AFT accompagne le développement de projets innovants et de startups autour de quatre axes stratégiques :

- détecter et fixer les talents : l'identification des talents passe par des appels à projets dans le cadre de contrats d'alliance avec des grands groupes, comme Engie ou Orange, et de concours organisés par des collectivités ;

- structurer l'écosystème de l'internet des objets : les différents acteurs du territoire – économiques, académiques, financiers – travaillent de concert au bénéfice de l'écosystème ;

- expérimenter et tester : Angers se place en situation de laboratoire à grande échelle, *via* l'implantation de prestataires d'études et de tests consommateurs, d'outils de centralisation des données utilisateurs ou de nouveaux dispositifs urbains intelligents à expérimenter (stationnement intelligent, collecte optimisée des déchets, par exemple) ;

- attirer et rayonner à l'international : Angers *French Tech* est présent sur des salons comme le *SxSw* d'Austin et le *CES* de Las Vegas afin d'inciter les talents à s'établir sur son territoire, pour faire reconnaître son savoir-faire et l'exporter.

La gouvernance de l'AFT est articulée autour de trois niveaux :

- le comité stratégique définit la vision et les orientations prioritaires ;

- le comité exécutif traduit la vision générale en objectifs opérationnels ;

- six collègues d'acteurs sont associés pour donner leur opinion : les institutionnels (Angers Loire Métropole, la chambre de commerce et d'industrie) ; l'univers académique (notamment l'École supérieure des sciences commerciales d'Angers – ESSCA) ; les grandes entreprises ; les entreprises du numérique ; et les startups ; les financeurs.

Par ailleurs, l'AFT déploie son action sur une double échelle. Le premier niveau d'intervention s'inscrit au niveau local en vue de travailler sur tous les stades de croissance des entreprises :

- l'émergence : encouragement de l'entrepreneuriat étudiant (on dénombre plus de 35 000 étudiants dans la région) ;

- la création : mise en place de pré-incubateurs ou de couveuses (voir ci-dessous) ;

- la croissance : soutien d'incubateurs, développement de partenariats et initiatives publiques, comme le fait de repenser tous les événements de la ville pour y inclure une dimension technologique ;

- l'internationalisation : faciliter l'accès au marché américain grâce à un programme commun Austin/Angers.

Le second niveau d'intervention se fonde sur l'offre de valeur nationale. Il s'agit concrètement d'agir sur la phase d'accélération industrielle en constituant un point de rencontre entre les porteurs de projets et l'industrie électronique. En ce sens, l'idée innovante doit pouvoir espérer se retrouver en présérie entre trois et six mois après cette mise en relation.

**Les réalisations dans le domaine de l'IoT :
l'opération Renard et la Cité de l'objet connecté**

Portée par le technopôle d'Angers, l'opération Renard cible des porteurs de projet innovant et numérique afin de les guider au mieux dans leur parcours d'entreprise. Les mesures dispensées par ce programme sont variées : ateliers de travail collectifs (des « *workshops* »), conférences, accompagnement individualisé et rythmé, tests des modèles économiques, indicateurs de suivi et bilans d'étape.

Issue des 34 chantiers du programme de la Nouvelle France Industrielle, la Cité de l'objet connecté est le projet phare consacré aux objets intelligents. Implantée à Angers, la cité de l'objet connecté est un accélérateur industriel au service des entreprises innovantes et des jeunes entreprises en cours de développement de leurs produits connectés. La cité propose des espaces de travail partagés ainsi que des bureaux isolés permettant aux startups présentes de bénéficier d'un cadre de travail adapté à leur développement – ils peuvent notamment y rencontrer leurs futurs clients industriels.

La Cité de l'objet connecté regroupe l'ensemble des compétences nécessaires à la conception de produits en matière de plasturgie, d'électronique, de mécanique ou de design. Ainsi, un entrepreneur doit parvenir, en seulement quelques mois, à transformer sa bonne idée en un objet opérationnel prêt à être produit en série.

(ii) *Toulouse et son « IoT Valley »*

Alors que Toulouse jouit d'une réputation internationale dans le domaine de l'aéronautique, cette métropole veut désormais s'ériger en moteur de l'industrie de l'internet des objets.

Fondée en 2011 par Ludovic le Moan, président-directeur général de Sigfox, l'association « IoT Valley » s'est implantée sur le campus de Labège pour concentrer un ensemble de startups de plus en plus nombreuses. L'ensemble compte aujourd'hui 35 entreprises membres, 300 collaborateurs et des partenaires issus de grands groupes, à l'image d'Intel, de Microsoft ou de Samsung.

L'attractivité du site peut s'expliquer par :

- la réussite et le rayonnement mondial de Sigfox, installée dès ses origines à Labège, et faisant office de modèle pour les futurs entrepreneurs ;

- les perspectives de croissance positive des marchés de l'internet des objets et des facilités de financement ;

- un ensemble de dispositifs visant à accompagner les startups dans les différentes phases de leur développement : laboratoire électronique, partage des réseaux de clientèle, conseils sur la levée de fonds, etc. L'un des dispositifs phare est le « *connected camp* », un accélérateur de startup où chaque entreprise naissante bénéficie d'un suivi hebdomadaire des équipes de l'*IoT Valley* durant neuf mois. Ils sont mis en relation avec des représentants métiers et marketing de grandes entreprises, comme la SNCF.

Aujourd'hui, l'IoT Valley souhaite atteindre une taille plus critique grâce au projet « *campus IoT* », qui se veut le plus grand espace mondial autour de l'internet des objets. Ce futur site de 12,5 hectares vise à regrouper l'ensemble des infrastructures existantes afin que toute la chaîne de valeur puisse innover et produire ensemble.

2. L'accompagnement des startups rassemble des initiatives publiques et privées

Les structures favorables à l'entrepreneuriat en France se sont multipliées ces dernières années, en particulier pour soutenir la création et le développement de startups. Couveuses, incubateurs et accélérateurs accompagnent les jeunes entreprises pour maximiser les chances de réussite de ces entreprises et assurer leur connexion à l'écosystème existant.

a. De la naissance de l'idée à la commercialisation d'un produit

Chaque étape du développement d'un produit innovant fait l'objet d'un dispositif de soutien approprié et souvent adapté des méthodes ayant connu le succès à l'étranger.

(i) La couveuse d'entreprise

Au premier stade du développement de l'idée, lorsque l'entreprise n'existe pas encore et qu'un modèle économique reste à déterminer, les jeunes entrepreneurs peuvent trouver dans la couveuse un appui juridique, financier et

administratif pour « passer à l'acte » et donner à leur idée un contenu économique. Ils peuvent tester la viabilité de leur projet, bénéficier de conseils sur la création d'un produit et disposer d'outils pour évaluer si une demande être trouvée.

Les couveuses peuvent, en France, recourir à un dispositif réglementaire : le contrat d'appui au projet d'entreprise (CAPE), qui offre une base juridique aux rapports entre le créateur d'entreprise et la structure d'accueil. Cette démarche engage juridiquement une couveuse d'entreprise à accompagner la startup tout au long de son processus de création. Cet accord permet aux entreprises innovantes d'avoir des garanties concernant divers éléments tels que la nature, le montant ou les conditions d'utilisation des moyens mis à disposition ; les modalités d'une rupture ou encore le programme prévu pour le lancement de l'entreprise. Le contrat porte sur une durée de douze mois maximum, renouvelable deux fois.

La couveuse est donc le premier maillon auquel un entrepreneur peut faire appel. L'Union des couveuses d'entreprises (UCE) est la principale fédération représentant les couveuses en France ; en font notamment partie une couveuse associative, PES 45, basée à Orléans, ainsi que l'entreprise La Capitelle, située à Nîmes.

(ii) *L'incubateur*

Par la suite, les entreprises peuvent bénéficier de l'apport d'incubateurs, qui peuvent également être publics ou privés. En France, ces organismes ont à l'origine été créés pour permettre à des projets de laboratoires de recherche publique d'être valorisés économiquement. Désormais, sur le modèle américain ou israélien, les incubateurs visent un public plus large d'entreprises, dont ils accompagnent le lancement sur le marché.

L'incubateur public *Green Tech*

Le 9 février 2016, les ministres Ségolène Royal et Emmanuel Macron ont lancé un incubateur, dénommé « *Green Tech* », structure d'accompagnement à la création d'entreprises innovantes dans le domaine de la transition écologique.

Accompagnées pour une durée de 6 mois à 1 an, les startups sélectionnées pourront bénéficier d'un soutien financier allant de 150 000 à 500 000 euros pour les plus prometteuses d'entre elles. En outre, elles pourront bénéficier de l'appui du réseau scientifique et technique du ministère (accès aux ressources de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie – ADEME, de l'Institut national de l'information géographique et forestière – IGN, de Météo-France), de formations sur la gestion de projets, de levées de fonds, d'expertise sur les enjeux réglementaires...

L'École nationale des Ponts-et-chaussées, partenaire du projet, met à disposition des locaux ouverts tous les jours, comportant plus de 32 postes de travail, une salle de visioconférence, une salle de réunion, un espace cuisine et convivialité, ainsi qu'un espace détente. À terme, l'école souhaite voir naître de véritables partenariats : les étudiants pourraient effectuer leurs stages au sein de startups en incubation, et les entreprises bénéficieraient de l'expertise, du savoir et des savoir-faire des élèves de

l'école. La création d'un véritable centre d'innovation autour de cette relation reste un objectif crédible.

Afin d'aider le développement de *Green Tech*, le ministère a lancé un concours pour ses établissements d'enseignement supérieur : cinq projets proposés par des élèves pourront ainsi intégrer l'incubateur pendant 9 mois.

Les incubateurs peuvent proposer un accompagnement personnalisé qui prend en compte les spécificités et les problématiques propres au développement de l'entreprise ; des formations dispensées par des experts externes ; une aide au financement d'études de marché ou d'élaboration du modèle économique ; un accès privilégié à des investisseurs et des industriels partenaires ; et une aide à la levée de fonds.

Certains incubateurs proposent également un hébergement de l'entreprise, selon sa taille et ses besoins, et peuvent lui donner accès à des ressources propres – équipement technique, designers, développeurs, etc.

Un incubateur d'entreprises permet donc la « gestation » de projets innovants, qui peut varier de 3 mois à 2 ans. Afin de se financer, les incubateurs demandent souvent le remboursement des frais d'hébergement une fois que l'entreprise génère un chiffre d'affaires suffisant. Certains incubateurs demandent à obtenir des participations au sein des startups pour rémunérer leurs services, sur le modèle pratiqué plus largement par les accélérateurs.

La Station F, « plus grand incubateur du monde »

La *Station F* va ouvrir ses portes début 2017, au sein de la Halle Freyssinet à Paris. Elle devrait accueillir environ 1 000 startups dans près de 34 000 m². Des acteurs publics, comme la mairie de Paris, sont associés à cette initiative. La Halle est cofinancée par Xavier Niel (à hauteur de 250 millions d'euros) et par la Caisse des dépôts et consignations (70 millions d'euros).

Incubateur et pépinière d'entreprises, la *Station F* fournira des espaces de travail en commun, un laboratoire de fabrication composé en majorité d'imprimantes 3D en libre accès, un grand auditorium, de nombreuses salles de réunion et plusieurs espaces de vie en commun.

(iii) L'accélérateur

Les accélérateurs de startups peuvent intervenir dans un troisième temps. Ils s'adressent surtout aux entreprises déjà présentes sur le marché et, à ce titre, l'accélération représente un service marchand de type *B-to-B*.

Les points communs sont nombreux entre les incubateurs et les accélérateurs, notamment au regard des services proposés. Mais les accélérateurs se différencient également par leur capacité à mettre les entreprises en lien avec des *business angels* et par le temps réduit qu'ils accordent aux entreprises, qui est généralement aux alentours de 3 à 6 mois.

**ACT 574, un nouveau programme d'accélération
porté par Voyages-SNCF.com**

La filiale de la SNCF ouvre, au sein de ses locaux à La Défense-Paris, un programme d'accélérateur qui a déjà accompagné une promotion *bêta* de trois jeunes entreprises : Metigate, co-accélérée avec l'accélérateur d'Allianz ; Optionizr, sélectionnée avec SNCF Développement ; Kokoroe, co-accélérée avec Microsoft Accelerator Paris. Elles ont été sélectionnées car « le service, l'offre ou la technologie [qu'elles proposent] représentent un atout pour le développement de l'e-tourisme et de l'attractivité de la destination France ».

Pendant 5 mois, de juin à octobre 2016, les équipes de l'accélérateur leur ont consacré près de 2 400 heures de conseil, notamment en expertise clients. Les entreprises ont, en outre, eu accès aux compétences digitales, technologiques et métiers de Voyages-SNCF.com, aux retours clients sur leur produit, aux bases de données et à un réseau de partenaires internes et externes.

Source : Voyages SNCF, communiqué de presse du 20 octobre 2016

Historiquement, le premier accélérateur, *Y combinator*, a été lancé dans la *Silicon Valley* en 2005 par Paul Graham. Il offre aux entreprises retenues un capital d'amorçage, des conseils et des mises en relation au cours de deux programmes annuels de 3 mois. En échange, il prend en moyenne 6 % des capitaux de la société.

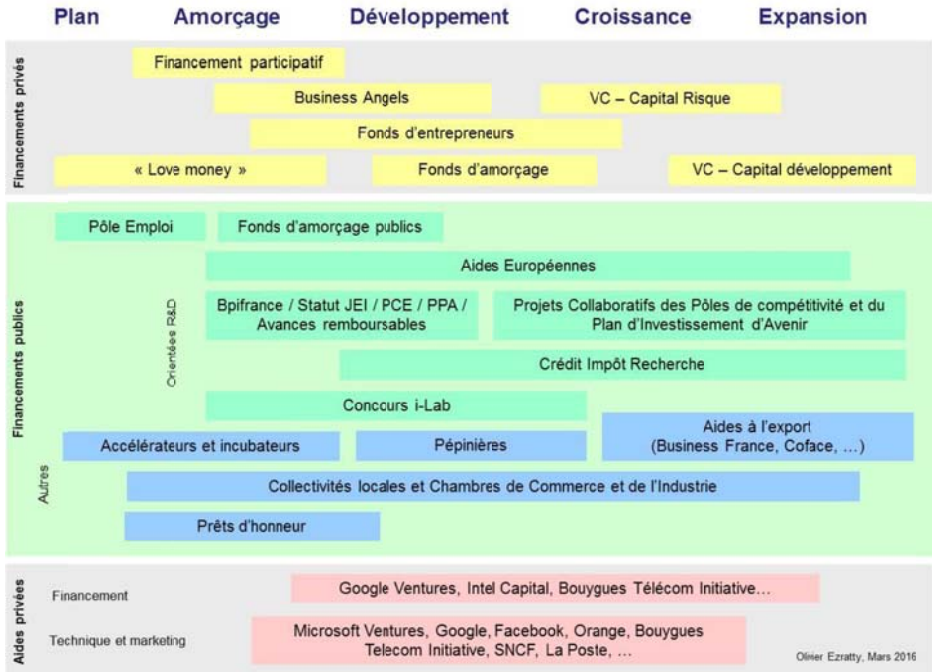
En France, l'*IoT Valley* situé dans la région toulousaine, écosystème local public-privé, stimulé par l'effet d'entraînement de Sigfox sur place, possède également un accélérateur de startups qui donne accès à des perspectives de financement et, surtout, aux nombreuses entreprises, dont des grands groupes comme la SNCF, qui ont rejoint cet écosystème en quête de solutions innovantes dans le domaine de l'internet des objets.

(iv) Une typologie non exclusive

Comme les entreprises qu'ils accompagnent, les dispositifs présentés ci-dessous fonctionnent dans une logique d'innovation régulière. De plus en plus d'offres mixtes sont ainsi proposées, avec des services nouveaux ou des formes de rémunération nouvelles.

Ainsi, l'entreprise *The Family* n'est ni un incubateur, ni un accélérateur. Cette société privée d'investissement propose des formations, des outils, et prend du capital dans les startups qu'elle accompagne. *The Family* se considère comme un associé, un actionnaire minoritaire stratégique et de long terme. La procédure de sélection est également très particulière puisque ce sont les employés qui décident, selon leur ressenti, de recevoir ou non les entrepreneurs. Autre originalité, la société ne limite pas la durée de son accompagnement et se propose d'aider les entreprises jusqu'à leur indépendance économique.

Enfin, le tableau ci-dessous, issu de l'édition 2016 du *Guide des startups* d'Olivier Ezratti, synthétise les différents acteurs du financement de l'écosystème de l'innovation, à chaque étape de croissance d'une startup.



b. Le modèle israélien : comment s'inspirer de la « Startup Nation »

La mission conduite par vos rapporteuses a pu aller à la rencontre de l'écosystème de l'innovation israélien, l'un des plus performants du monde, au point qu'on parle d'Israël comme de la « *Startup Nation* »⁽¹⁾. Le programme de ce déplacement se trouve en annexe au présent rapport.

Les éléments d'analyse recueillis sur place et par l'intermédiaire de l'ambassade de France en Israël permettent de synthétiser les clés du succès de la spécialisation d'Israël dans l'innovation. Celui-ci repose sur la constitution d'un écosystème particulièrement propice à l'innovation et au développement de startups. Ainsi, le *Startup Ecosystem Report*⁽²⁾, qui classe les écosystèmes les plus favorables au développement des startups, place l'agglomération de Tel-Aviv en 5^e position mondiale – les quatre précédents étant situés aux États-Unis, dont la *Silicon Valley* (première position). Paris se situe à la 11^e place du classement.

(1) D'après le titre du livre de D. Senor et S. Singer, *Startup Nation : The Story of Israel's Economic Miracle*, première édition en 2009

(2) Compass, « *The Global Startup Ecosystem Ranking* », 2015

Cet écosystème de l'innovation repose sur de nombreux atouts :

- 4 % du PIB sont investis dans la R&D (contre 2,2 % en France) ; le pays accueille environ 250 centres de R&D de multinationales, et a une recherche très dynamique dans les secteurs pharmaceutique et de la défense ;

- les universités israéliennes, notamment le Technion de Haïfa, sont parmi les meilleures du monde, notamment grâce à leur culture économique – il y est très courant, pour les chercheurs et les élèves, de rechercher une issue entrepreneuriale à leurs travaux ;

- le pays compte plus de 40 programmes d'accélération (dont des programmes étrangers, comme un Orange Fab), des incubateurs (dont un programme de 24 incubateurs en contrat avec l'État), des espaces de travail partagés et des concours de startups ;

- l'investissement moyen en capital-risque par habitant ainsi que le taux d'investissement en capital-risque par rapport au PIB sont les plus élevés du monde grâce à la présence de nombreux *business angels*, et à l'existence de fonds d'investissements étrangers, notamment américains (85 % des investissements dans la *high tech* sont étrangers). Au total 166 fonds de capital-risque (y compris des micro-fonds gérant moins de 50 millions de dollars d'actifs) ont réalisé 344 premiers investissements en 2015 ;

- culturellement, les Israéliens valorisent l'entrepreneuriat et la prise de risque, ce qui pousse naturellement à la création de startups. Ce sens de l'audace a un nom : la « *chutzpah* ». La mission a également remarqué le rôle majeur du service militaire obligatoire dans la formation technologique de nombreux entrepreneurs et dans la constitution de réseaux professionnels puissants et pérennes, qui contribuent à la bonne circulation des compétences entre l'armée, l'industrie et la recherche. Tous les entrepreneurs israéliens rencontrés n'hésitaient pas à valoriser leur expérience militaire, pour les compétences et les réseaux qu'ils y ont acquis, mais aussi pour le tempérament de persistance et de résilience qu'ils y ont développé.

Le modèle israélien des incubateurs publics

L'essor de la « Startup Nation » a été rendu possible par une politique de soutien importante du Gouvernement depuis les années 1990. La R&D industrielle et civile est appuyée par l'*Office of the Chief Scientist* (OCS) du ministère de l'économie israélien, qui dispose d'un budget de 350 millions d'euros, et dont la politique vise à pallier les défaillances de l'écosystème et d'orienter son développement vers plus d'efficacité.

Le *Chief Scientist* a en particulier créé en 1992 un système public d'incubateurs, dont la gestion a été privatisée dix ans plus tard mais dont les startups sont toujours soutenues financièrement par l'État. Depuis leur création, les incubateurs ont amorcé plus de 1 800 sociétés, investi 730 millions de dollars et fait lever sur 4 milliards de dollars de fonds privés. 200 startups sont actuellement sélectionnées par les 24 incubateurs en activité, chacune pouvant compter sur plus de 500 000 dollars d'avance remboursable

en cas de succès, pour un investissement (en capital) limité à 100 000 dollars de la part de l'incubateur.

C'est par ailleurs le Gouvernement qui a créé les conditions favorables au développement du capital-risque en créant en 1993 un fonds public doté de 100 millions de dollars, *Yozma*, qui intervenait à hauteur de 40 % à partir de capitaux privés. Cette intervention de l'État a permis d'attirer de nombreux investisseurs privés, essentiellement étrangers. Dès 2002, soit dix ans après son lancement, le marché comptait 60 fonds de capital-risque et 10 milliards de dollars avaient été levés pour cette activité.

Source : Ambassade de France en Israël

Plus en aval, l'entreprise Coca-Cola a développé un accélérateur de startups à grande échelle, *The Bridge*, dont la mission a pu rencontrer un des responsables, basé à Tel-Aviv. Près de 1 800 entreprises sont ainsi soutenues, dans un stade avancé de leur développement (production industrielle, commercialisation, création d'offres marketing).

La particularité de *The Bridge* est le choix stratégique de ne pas prendre de parts dans les entreprises qu'il soutient : l'entreprise mise davantage sur la création de valeur commerciale de ces entreprises et la plus-value dont Coca-Cola pourra, indirectement, bénéficier.

Ainsi, les startups qui fonctionnent pourront bénéficier de partenariats exclusifs avec Coca-Cola pour se développer, tandis que Coca-Cola pourra profiter des fruits de l'innovation que ces entreprises apportent. Il s'agit d'un modèle de R&D « décentralisé », où l'entreprise récolte les gains de l'innovation très en aval de leur développement, sans chercher à s'emparer du capital de ces entreprises.

Des accélérateurs publics ont également été lancés. L'université de Tel-Aviv ou le Technion de Haïfa accueillent ainsi des accélérateurs d'entreprises (respectivement *i3 Equity Partners* et *T-Factor*) qui fonctionnent comme des tremplins pour leurs étudiants ou ex-étudiants ayant pris la voie de l'entrepreneuriat. La mission a rencontré un responsable de *T-Factor*, qui travaille notamment avec le groupe Intel dans le domaine des objets connectés, en se concentrant sur le transfert de technologies et le développement d'un produit qui répond à un besoin industriel (le « *proof of concept* »).

Vos rapporteuses, au travers de la recommandation n° 15, souhaitent que les incubateurs et les accélérateurs publics français s'inspirent du succès des structures israéliennes, qui garantissent des générations d'entrepreneurs dans le domaine *high tech* ainsi que de substantielles ressources financières supplémentaires pour les établissements d'enseignement supérieur et de recherche.

C. LE FINANCEMENT DE L'INNOVATION DEMEURE UN POINT D'ATTENTION

Comme l'indique le Conseil d'analyse économique (CAE)⁽¹⁾, « l'émergence de nos “licornes”⁽²⁾ repose sur une industrie dynamique du capital-risque ». Même si, selon la même source, le coût d'amorçage des startups est en nette diminution depuis quelques années et si les fonds de capital-risque se renforcent en France, quelques obstacles restent à lever.

En outre, les startups ont de plus en plus recours à des modalités alternatives de financement, notamment participatives, dont il faut analyser l'ampleur aujourd'hui. En effet, certaines « levées » de fonds permettent à certaines entreprises de recueillir un véritable capital d'amorçage, notamment parce que les projets bénéficient sur internet d'une exposition plus large que la proximité traditionnelle de la « *love money* » (famille, cercles proches).

Enfin, vos rapporteuses ont souhaité s'interroger sur les façons dont la fiscalité française pouvait être mieux orientée pour bénéficier pleinement à l'écosystème de l'innovation.

1. Le constat de la faiblesse du capital-risque en France reste d'actualité

a. Le capital-risque français reste en deçà des performances de nos partenaires

Innover implique d'investir dans un résultat très incertain, sans garantie de retour sur investissement. En théorie économique, l'innovation se distingue des autres formes d'investissements par la présence de coûts irrécupérables (*sunk costs*) du fait de l'aléa de succès, plus important que pour les investissements traditionnels. Les innovations dans le domaine des nouvelles technologies sont, en outre, très capitalistiques. Les jeunes entreprises qui souhaitent attaquer des marchés de haute technologie ont donc d'importants besoins de capitaux. Le capital-risque est le levier de financement qui permet de concilier ces deux contraintes.

Selon le CAE⁽³⁾, la France se confronte à une situation paradoxale : les fonds de capital-risque sont nombreux, mais il s'investit davantage à l'étranger que dans des entreprises innovantes françaises. Réciproquement, les startups françaises sont soutenues financièrement par des fonds (publics ou privés) français mais peinent à attirer des investisseurs internationaux pour financer leur croissance. Les auteurs analysent ce constat à partir du manque d'internationalisation de la place financière de Paris, par un manque de lisibilité réglementaire et fiscale et par le droit du travail en vigueur.

(1) Conseil d'analyse économique, « Renforcer le capital-risque français », note n° 33, juillet 2016

(2) Une « licorne » est une startup dont la croissance lui permet de parvenir à une valorisation financière à plus d'un milliard de dollars.

(3) Conseil d'analyse économique, op. cit.

Cela se traduit par le fait que, si le capital-risque est en forte progression en France (1,81 milliard d'euros d'investissements en 2015, deux fois plus que l'année précédente), il se concentre sur des petites opérations : les entreprises technologiques françaises peinent à opérer des levées de fond de grande ampleur qui pourraient les maintenir dans la course au niveau international.

Daphni, un fonds d'investissement sur le modèle de la « crowd equity »

Créée en 2015 par Marie Ekeland, Pierre-Éric Leibovici et Pierre-Yves Meerschman (tous trois investisseurs en capital-risque), Daphni est une société de gestion de fonds qui investit dans des startups du secteur numérique en Europe, pour leur donner les moyens en capital d'amorçage, notamment d'accéder au marché mondial. La spécificité de Daphni repose sur deux piliers :

- la création d'une communauté de plus de 200 entrepreneurs, investisseurs, chercheurs, les « daphnipolitains » ;
- le développement d'une plateforme numérique communautaire, pour mettre en relation de façon décentralisée les entrepreneurs à la recherche d'un financement et les capital-risqueurs – un modèle qualifié de *crowd equity*.

Mi-octobre 2016, Daphni a levé auprès de partenaires économiques (dont Bpifrance) près de 150 millions d'euros de capital à investir.

b. Les business angels progressent, mais insuffisamment.

Les *business angels* sont des personnes privées qui investissent dans des projets d'entreprise dans lesquels elles croient ou avec lesquels elles ont des affinités, au-delà d'une recherche de rentabilité. Ces investisseurs conseillent et accompagnent les entrepreneurs qu'ils financent, grâce à leurs compétences, leurs réseaux et leur expérience.

La philanthropie économique à l'heure du numérique : Raise

Fonds d'investissement et mécène, Raise a pour ambition de faire grandir des startups à fort potentiel, âgées de deux à cinq ans. Créé en 2013 par Clara Gaymard, Raise investit dans ces entreprises (avec des tickets allant de 10 à 40 millions d'euros) mais a également créé un fonds de dotation pour soutenir différemment les projets innovants :

- rapprocher les grands groupes des startups : chaque mois, la structure invite des jeunes pousses à venir participer à un grand débat face à des patrons de multinationales. Dans la foulée, certains projets prometteurs peuvent bénéficier du soutien d'un grand groupe ;
- octroyer des prêts d'honneurs à de petits projets, à taux zéro, à partir de l'intéressement des salariés du fonds d'investissement.

Au total, Raise a levé 350 millions d'euros depuis sa création.

La place des *business angels* dans le financement de l'innovation est essentielle : ils apportent des capitaux entre la phase de démarrage de l'activité (où l'essentiel des fonds provient soit des entrepreneurs eux-mêmes, soit de

connaissances, soit du financement participatif – voir ci-après) et la phase de levée de fonds, plus institutionnelle et plus importante en volume.

Selon une étude du réseau européen des *business angels* ⁽¹⁾, citée par le Conseil d'analyse économique, la France se distingue en Europe par les faibles montants d'investissement de ses *business angels* : l'investissement moyen en France est deux fois plus faible qu'au Royaume-Uni et deux fois et demie plus faible qu'en Allemagne.

Or les entreprises qui ont accès à ces réseaux de *business angels* accroissent sensiblement leurs chances de parvenir à une levée de fonds plus importante dans leur processus de croissance, comme l'exemple de Deezer l'illustre.

Le démarrage de Deezer

Lors d'une table ronde organisée le 30 septembre 2015, la commission des affaires économiques a auditionné plusieurs dirigeants d'entreprises françaises du numérique. Simon Baldeyrou, directeur général de Deezer France, témoignait des étapes de financement de son entreprise :

« Deezer a été créée en 2007 et est passée par la plupart des phases de construction d'une startup. La première étape, quand les fondateurs se réunissent dans une cuisine pour créer un projet, consiste à attirer les premières personnes pour monter le projet. Il n'y a alors pas d'argent pour les payer. Par conséquent, tout ce qui peut inciter les fondateurs à faire entrer des salariés au capital est la chose la plus importante. (...) »

« La deuxième étape consiste à faire venir les premières personnes qui investissent dans la société. Nous sommes passés par des phases de *business angels*. Nous avons eu la chance de rencontrer Xavier Niel, qui a investi 200 000 euros pour aider les fondateurs à créer la société. Toutes les incitations fiscales qui peuvent encourager les *business angels* à investir dans des PME sont primordiales. Les réductions d'impôt sur la fortune (ISF) ou d'impôt sur le revenu, qui étaient de 25 % à l'époque, mais qui ont baissé depuis, sont des éléments extrêmement importants pour encourager à investir dans les PME en croissance. »

« L'étape suivante a été de faire venir des fonds d'investissement. Entre 2008 et 2009, des fonds d'investissement français ont investi dans la société et injecté 14 millions d'euros en plusieurs fois jusqu'à ce que la société trouve un modèle économique qui fonctionne. En 2009, il n'y avait pas encore d'abonnements : la musique était gratuite et financée par de la publicité. En 2012, nous avons voulu aller à l'international et nous avons dû trouver des fonds étrangers. C'est un fonds américain qui, en 2012, a injecté 100 millions d'euros dans la société. »

2. Le financement participatif : nouveau levier de financement des jeunes entreprises

Le *crowdfunding*, selon son appellation anglo-saxonne est un outil de financement alternatif qui désintermédie complètement le financement

(1) European Business Angels Network (EBAN), « Statistics Compendium », 2014

d'initiatives privées – projets d'entreprise mais également collectes humanitaires, ou projets personnels. Le financement participatif permet de lever des fonds auprès d'un large public *via* des plateformes numériques sécurisées.

Les entreprises françaises pionnières dans le financement participatif

My major company (MMC). Créée en 2007, MMC est le premier site français de financement participatif. Il propose aux internautes de soutenir financièrement de jeunes artistes, en contrepartie de quoi les internautes touchent une rémunération sur les ventes physiques et numériques de l'album.

Ulule. Lancée en 2010, Ulule est la première plateforme de *crowdfunding* européenne. Elle permet le financement de projets créatifs, innovants ou solidaires grâce à la participation des internautes. Les porteurs de projet détaillent le budget à atteindre, la durée de collecte et les contreparties exclusives qu'ils offrent en échange du soutien des internautes (un DVD pour un court-métrage financé, des invitations aux projections ou sur le tournage, une rencontre avec l'équipe, etc.). Si l'objectif est atteint, le porteur du projet reçoit les fonds, réalise son projet et récompense les soutiens grâce aux contreparties. Si l'objectif n'est pas atteint, les internautes ayant financé le projet sont remboursés sans frais.

KissKissBankBank. Fondée en 2010, KissKissBankBank est une plateforme dédiée à la créativité et à l'innovation. L'éventail des projets éligibles est très étendu : entre aventure et sport, art, écologie, nourriture, musique, éducation, jeux, photographie, livre et édition, mode, journalisme, solidarité, design et invention, film et vidéo, spectacle vivant, web et techno. KissKissBankBank a la particularité d'afficher le pseudonyme des donateurs avec le montant exact de leurs gestes gracieux. Chaque fiche mentionne le montant collecté en euros, l'objectif visé, les jours restant avant le début de la prise d'activité et le nombre de prêteurs.

On distingue trois modèles de *crowdfunding* :

- les plateformes de dons, avec ou sans contreparties non financières. Des gratifications variables en fonction des sommes engagées par le contributeur peuvent éventuellement être proposées par le porteur de projet : remerciements, dédicaces, billetterie ou échantillons gratuits ou bien toute gratification symbolique. Aucun retour sur investissement n'est donc attendu par le contributeur ;

- les plateformes de prêts, qui permettent le financement de projets *via* des prêts gratuits ou rémunérés. Le porteur de projet s'engage par contrat à rembourser les prêteurs. Toutefois, un risque de perte totale ou partielle du capital investi existe pour l'investisseur, en cas d'échec du projet ;

- les plateformes d'investissement qui permettent le financement d'un projet entrepreneurial *via* la souscription de titres de capital ou de créance, et dont la contrepartie est la participation aux éventuels bénéfices du projet.

Ce type de plateformes a rapidement attiré les entrepreneurs souhaitant lancer leur startup. Les bénéfices, en effet, n'y sont pas que financiers. Le financement sur une plateforme permet :

- de gagner en visibilité, en profitant de la notoriété de la plateforme : il n'est pas rare que certains projets en vogue connaissent un écho médiatique ou sur les réseaux sociaux ;

- de tester l'idée ou le produit auprès d'une demande potentielle : le succès du financement participatif est déjà le gage que la startup parvient à convaincre ; les commentaires des contributeurs permettent également d'engendrer des informations sur les attentes des futurs consommateurs, sur les points à améliorer ou sur le prix qui serait accepté ;

- de réaliser sa première série : certains concepteurs d'objets connectés présentent un prototype, et utilisent la plateforme pour lancer une première production, avec la garantie d'écouler les produits puisque le financement participatif fait alors souvent office de pré-commande.

Financer sa startup sur Kickstarter

Créée en 2009, Kickstarter est une plateforme californienne qui a permis de financer un large éventail de startups, en particulier dans le domaine des objets connectés.

Deux entreprises françaises, aujourd'hui connues, sont passées par la voie du financement participatif. La caméra à 360° de la startup lilloise Giroptic a rassemblé près de 4 000 financeurs et récolté 1,4 million de dollars. De même, la société grenobloise Squadronne avait réuni près de 1,3 million de dollars auprès de 2 500 personnes pour son projet de drone muni d'une caméra.

La plupart des objets connectés de nouvelle génération présentés dans ce rapport – par exemple, la fourchette connectée – ont été d'abord financés sur une plateforme de financement participatif.

Le financement participatif permet ainsi de créer un lien dynamique entre épargne et projets innovants, où l'esprit entrepreneurial et la « bonne idée » peuvent être valorisés plus facilement que par des circuits classiques (assurance, banque). Il faut vraisemblablement aller plus loin, vers un modèle de financement participatif français plus structuré et plus ambitieux, pour assurer le bon positionnement du pays lors des prochaines vagues d'innovation et, en particulier, sur l'internet des objets.

Un premier cadre juridique a d'ailleurs été créé récemment, au travers de l'ordonnance n° 2014-559 du 30 mai 2014, déclinée au niveau réglementaire par le décret n° 2014-1053 du 16 septembre 2014, à la fois pour protéger les investisseurs et pour garantir la pérennité des structures de financement participatif. Deux statuts juridiques sont désormais en vigueur depuis le 1^{er} octobre 2014 :

– pour les plateformes d’investissement, le statut de conseiller en investissements participatifs (CIP) a été créé : l’activité doit être liée à une offre de titres de capital ou de titres de créance, uniquement au moyen d’un site internet. Les CIP doivent être établis en France, présenter des garanties de compétence et adhérer à un réseau de CIP ;

– pour les plateformes de prêt, le statut d’intermédiaire en financement participatif (IFP) a été prévu. Celui-ci consiste à mettre en relation par internet les porteurs d’un projet et les personnes qui veulent le financer. Les IFP doivent également présenter des garanties de compétence et d’honorabilité (immatriculation obligatoire auprès de l’Organisme pour le registre des intermédiaires en assurance (ORIAS), assurance de responsabilité civile professionnelle, code de bonne conduite). Sur la base du volontariat, les plateformes de dons peuvent adopter ce statut d’IFP.

La régulation des CIP est confiée à l’Autorité des marchés financiers (AMF) tandis que celle des IFP revient à l’Autorité de contrôle prudentiel et de résolution (ACPR).

II. UNE RÉUSSITE À PORTÉE DE MAIN

A. L’INTERNET DES OBJETS NÉCESSITE DES INFRASTRUCTURES DE RÉSEAUX ADAPTÉES

1. La France a un savoir-faire reconnu en matière de connectivité

Notre pays détient un savoir-faire historique susceptible d’être valorisé en matière d’infrastructures réseaux, grâce aux investissements des opérateurs et à la qualité des formations d’ingénieur dans les télécommunications. De même, les équipementiers français de télécommunications ont une réputation historique, ce dont témoigne, par exemple, le rachat récent d’Alcatel-Lucent par Nokia.

Vos rapporteuses rappellent à cette occasion que le groupe Nokia s’est engagé à renforcer les sites de Lannion et de Villarceaux, en faisant de la France un centre d’excellence majeur du groupe pour la 5G, le déploiement des micro-cellules (*small cells*) ou encore la cybersécurité.

a. Le développement des technologies de connexion sans fil

Les objets connectés étudiés dans ce rapport ont comme caractéristique d’être mis en réseau par une connectivité sans fil. Aujourd’hui, selon l’usage de l’objet connecté, les solutions de connectivité sont très nombreuses. En outre, de nouvelles générations de réseaux hertziens apparaissent, augmentant encore le potentiel de connexion et les services rendus par l’internet des objets.

Pour les réseaux à courte portée ⁽¹⁾ (maison connectée, objets connectés portables, par exemple), les technologies sans fil utilisées sont le WiFi et le Bluetooth, pour les plus connus, mais également le Zigbee (très faible consommation énergétique), la NFC (développé surtout pour le paiement sans contact en permettant à deux objets d'interagir lorsqu'ils sont rapprochés) ou encore la RFID (identification par radiofréquence, présente par exemple sur les titres d'identité).

En outre, vos rapporteuses ont rencontré, lors du salon *MWC* de Barcelone, des représentants de l'entreprise française Oledcomm : fondée en 2012, il s'agit une startup pionnière de la technologie du LiFi, qui permet de transmettre des données numériques sans fil, grâce à la lumière fournie par des lampes LED (diodes électroluminescentes, qui utilisent des fréquences très hautes dans la gamme de lumière). Proche du WiFi, elle permet toutefois de transmettre des données beaucoup plus rapidement et, théoriquement, jusqu'à 224 gigabits par seconde, soit cent fois plus que le WiFi – tant que la source lumineuse est directement en contact avec l'objet connecté, ce qui n'est pas sans poser plusieurs problèmes, qu'il reste encore à résoudre.

Pour les réseaux de grande portée, à l'échelle métropolitaine ou nationale ⁽²⁾, les réseaux les plus connus sont de type cellulaires : 2G, 3G et 4G. Ils sont généralement assez consommateurs d'énergie, ce qui justifie que de nouveaux réseaux bas débit se soient développés (voir ci-après : Sigfox, LoRa, Qowisio) ⁽³⁾, sachant que des technologies mixtes sont de type LPWAN mais transitent *via* les réseaux cellulaires, comme le réseau NB-IoT. Enfin, les technologies satellitaires, dont il a déjà été question, sont développées par Eutelsat ou Inmarsat, par exemple.

Communication Technologies														
	NFC	RFID	Blue-tooth®	Blue-tooth® LE	ANT	Proprietary (Sub-GHz & 2.4 GHz)	Wi-Fi®	ZigBee®	Z-wave	KNX	Wireless HART	6LoWPAN	WiMAX	2.5-3.5 G
Network	PAN	PAN	PAN	PAN	PAN	LAN	LAN	LAN	LAN	LAN	LAN	LAN	MAN	WAN
Topology	P2P	P2P	Star	Star	P2P, Star, Tree Mesh	Star, Mesh	Star	Mesh, Star, Tree	Mesh	Mesh, Star, Tree	Mesh, Star	Mesh, Star	Mesh	Mesh
Power	Very Low	Very Low	Low	Very Low	Very Low	Very Low to Low	Low-High	Very Low	Very Low	Very Low	Very Low	Very Low	High	High
Speed	400 kbps	400 kbps	700 kbps	1 Mbps	1 Mbps	250 kbps	11-100 Mbps	250 kbps	40 Kbps	1.2 Kbps	250 kbps	250 Kbps	11-100 Mbps	1.8-7.2 Mbps
Range	<10 cm	<3 m	<30 m	5-10 m	1-30 m	10-70 m	4-20 m	10-300 m	30 m	800 m	200 m	800 m (Sub-GHz)	50 km	Cellular network
Application	Pay, get access, share, initiate service, easy setup	Item tracking	Network for data exchange, headset	Health and fitness	Sports and fitness	Point to point connectivity	Internet, multimedia	Sensor networks, building and industrial automation	Residential lighting and automation	Building automation	Industrial sensing networks	Sensor networks, building and industrial automation	Metro area broadband Internet connectivity	Cellular phones and telemetry
Cost Adder	Low	Low	Low	Low	Low	Medium	Medium	Medium	Low	Medium	Medium	Medium	High	High

Source : M. Abbas, « IoT, we are at the tip of an iceberg », MIMOS, 2014

(1) LAN et PAN, pour Local Area Networks et Personal Area Networks

(2) MAN et WAN, pour Metropolitan Area Networks et Wide Area Networks

(3) LPWAN, pour Low Power Wide Area Networks.

b. La France tire son épingle du jeu dans les réseaux bas débit

La particularité de la connectivité de l'internet des objets – ou, du moins, d'une grande partie des objets aujourd'hui déployés – est de ne pas requérir de grandes performances en matière de débits ou de latence. Il s'agit plutôt de pouvoir connecter de très nombreux objets – ce qui suppose une connectivité peu onéreuse –, sur une grande surface de couverture⁽¹⁾, avec une autonomie importante – ce qui requiert une moindre consommation énergétique de leur connexion.

À cette fin, de nouvelles technologies de réseaux, cumulant des caractéristiques de faible débit et de longue portée (LPWAN), ont été développées⁽²⁾. Ces réseaux présentent la spécificité de ne pas connecter les équipements en permanence – à la différence d'un smartphone, par exemple – afin d'étendre leur autonomie sur des périodes beaucoup plus longues. Deux des principaux acteurs de ce marché sont français et deux grands opérateurs français font partie du consortium qui y est également fortement investi.

(i) Sigfox

Sigfox est l'entreprise française aujourd'hui leader mondial des solutions de connexion pour l'internet des objets. Elle a été fondée en 2010 sur le campus de Labège, près de Toulouse (voir ci-avant, la création de « l'IoT Valley »). Le réseau de Sigfox est déjà déployé à l'échelle internationale : 26 pays et 10 millions d'objets sont couverts, et une récente levée de fonds à hauteur de 150 millions d'euros⁽³⁾ va permettre d'accentuer ce déploiement dans 60 pays d'ici 2018, pour un potentiel de couverture de 400 millions de personnes.

Sigfox fait communiquer directement ses antennes – ou celles de ses partenaires opérateurs, comme SFR – avec un réseau *cloud* qui permet un accès au réseau à bas coût et à une consommation d'énergie très faible. Les objets connectés qui sont donc visés par cette solution de connectivité sont ceux qui nécessitent peu de débit, n'ont pas de problème de latence et qui disposent d'une grande autonomie avant recharge, comme tous les objets qui ne captent et n'envoient des informations qu'à intervalles donnés, et non en temps réel.

Parmi ses partenaires figurent de grands industriels comme Air Liquide ou Total et des partenaires institutionnels comme Bpifrance. Sigfox oriente principalement ses investissements vers les besoins industriels, pour répondre aux problématiques de maintenance prédictive ou de gestion en flux tendus. Son

(1) Ainsi qu'une grande pénétration, pour que les objets enterrés, situés dans des caves ou dans les murs d'un bâtiment, puissent également se connecter facilement au réseau.

(2) Ne sont donc pas concernés les objets qui ne fonctionnent qu'à courte portée, sur un réseau PAN ou LAN, ou les objets nécessitant une grande réactivité de leurs capteurs ou une grande capacité de débit pour traiter les données produites, comme dans les voitures autonomes.

(3) Cette levée de fonds, qui a été conclue en novembre 2016, est la plus importante en volume en France cette année. Blablacar était parvenu à établir le record français en 2015 avec une levée de fonds de 200 millions d'euros.

standard technologique est ouvert ; en revanche, son service de *cloud* est propriétaire.

(ii) *L'alliance LoRa*

À la différence de Sigfox, l'alliance LoRa, qui est un consortium mondial d'opérateurs de télécommunications (dont Bouygues Télécom et Orange, en France), ne développe pas de réseau en propre – cette prérogative demeure dans le giron des opérateurs – mais a créé un standard technologique qui vise à s'imposer pour la connectivité de l'internet des objets. Il s'agit donc d'un ensemble de réseaux LPWAN interopérables, appelé LoRaWAN.

LoRaWAN est déployé depuis 2016 en France. Orange avait déjà expérimenté un réseau réservé à l'internet des objets à Grenoble ; Bouygues Telecom, notamment *via* sa filiale Objenious, s'investit également dans le déploiement de son réseau bas débit. Malgré un retard pris par rapport au déploiement de Sigfox, les membres de LoRa misent sur la plus grande interopérabilité des objets connectés *via* leur réseau, du fait de l'alliance de nombreux opérateurs, constructeurs et équipementiers de poids (Semtech, IBM, Cisco, Sagemcom, STMicroelectronics, notamment).

Aujourd'hui, LoRa et Sigfox sont dans une phase de concurrence vive, du fait des importants effets de réseaux à l'œuvre sur ce marché : plus les clients choisiront une offre plutôt que l'autre, plus les nouveaux clients seront naturellement enclins à également privilégier celle-ci, pour une question d'interconnexion des objets ou de pérennité de leur connectivité. L'enjeu sous-jacent, non encore résolu aujourd'hui, est de savoir qui va définir le standard technologique de la connectivité des objets et emporter l'ensemble du marché avec lui.

(iii) *Qowisio*

La mission a rencontré un des responsables de Qowisio, actionnaire de la Cité de l'objet connecté, lors de son déplacement à Angers, où l'entreprise a été créée en 2009. Cette dernière présente la spécificité d'offrir des solutions d'objets connectés « clé en main », essentiellement sur le marché *B-to-B* : l'offre intègre à la fois l'objet connecté, son application et l'accès à un accès réseau particulier. La construction d'un réseau spécifique de bas débit repose donc sur une volonté stratégique de proposer une connectivité garantie avec la vente du service connecté, sans abonnement à un forfait de connexion.

À ce titre, Qowisio n'est pas seulement une entreprise de télécommunications, elle est avant tout un opérateur d'internet des objets, pour lequel l'accès à un réseau constitue simplement une plus-value, un facteur de différenciation de son offre – par exemple, un « *Time-to-Market* »⁽¹⁾ réduit. Qowisio se présente d'ailleurs comme une entreprise « agnostique

(1) Délai qui court entre la création d'un projet et la mise en vente effective du produit sur le marché.

technologiquement » : ses antennes seront compatibles avec la norme LoRa ou la norme Sigfox, quelle que soit l'issue de la « guerre des standards » qui les confronte.

L'entreprise a déjà déployé plus de 1 000 antennes sur l'ensemble du territoire, lui permettant de couvrir les plus grandes communes et les principaux axes routiers. Le déploiement se poursuit.

(iv) *Les réseaux cellulaires bas débit*

Enfin, les opérateurs et équipementiers de téléphonie mobile ont également déployé des innovations technologiques recourant aux réseaux cellulaires traditionnels. Il s'agit notamment du réseau NB-IoT⁽¹⁾ qui est adapté à partir de standards technologiques déjà existants, en particulier la 4G-LTE, en réduisant la consommation énergétique de la connexion grâce à un accès bas débit. L'avantage de telles solutions est de ne pas recourir à la création d'un nouveau réseau, mais de s'appuyer sur des infrastructures déjà existantes.

Mais les réseaux cellulaires vont surtout voir apparaître, dans les prochaines années, une nouvelle génération technologique, la 5G.

2. Réussir la transition vers la 5G

Les avantages de la 5G sont nombreux : grande capacité de bande passante (jusqu'à 10 gigabits par seconde), faible latence (moins de 5 millisecondes), consommation énergétique raisonnable et capacité à opérer plusieurs types de réseaux sans fils existants, du Wifi à la 4G. Précisément, l'avenir de l'internet des objets pourrait nécessiter un réseau mobile pouvant assurer à la fois le transit de quantités massives de données, dans des délais parfois très courts (relations entre voitures connectées pour prévenir les accidents ; vidéo de haute définition ; réalité augmentée), nécessite de très hauts débits. En outre, la 5G serait en mesure, grâce à sa faible consommation énergétique, de concurrencer directement les réseaux bas débit.

(1) *Narrow-band IoT*

L'enjeu des micro-cellules pour l'internet des objets

Les micro-cellules (*small cells*) sont des cellules de petite taille à faible puissance rayonnée. En cela, comme le rappelait l'une de vos rapporteuses, Mme Corinne Erhel, dans un précédent rapport ⁽¹⁾, elles présentent un réel avantage dans le cadre d'une politique de densification et d'amélioration de la couverture. Tandis que les réseaux mobiles actuels sont essentiellement constitués d'équipements radio dotés de macro-cellules pour couvrir tout le territoire, les micro-cellules installées à proximité des utilisateurs peuvent apporter les compléments de capacité requis par l'expansion du nombre d'objets à connecter.

L'article 102 de la loi n° 2015-1785 du 29 décembre 2015 de finances pour 2016, issue d'un amendement présenté par Mme Corinne Erhel, co-rapporteuse du présent rapport, et par Mme Frédérique Massat, présidente de la commission des affaires économiques, encourage le développement de ces micro-cellules en prévoyant que l'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) applicable à ces équipements est fixée à un dixième du tarif de droit commun.

Les micro-cellules ont l'avantage d'être une technologie déjà disponible et abordable. Elles apportent de la connectivité « capillaire », au bout des réseaux mobiles classiques, notamment dans les zones urbaines très denses, ou au contraire dans les zones rurales où la pénétration des réseaux classiques est insuffisante. Avec le déploiement à venir de la 5G, et d'ores et déjà celui de la 4G-LTE, ces *small cells* pourront résoudre de nombreux problèmes de taille de bande passante nécessaire à la connexion simultanée de très nombreux objets, ainsi qu'une latence (un « temps de réaction ») très faible pour les objets connectés qui apportent un service utile en temps réel.

En somme, cette technologie va permettre aux réseaux cellulaires mobiles de compléter une offre de réseaux bas débit de type LPWAN, qui s'adressera plutôt aux objets connectés nécessitant peu de bande passante, n'ayant pas d'enjeu de latence (le temps de réaction peut excéder quelques millisecondes sans que cela ait un impact sur le service rendu par l'objet) et consommant peu d'énergie – comme les capteurs enterrés dans les parcelles agricoles, par exemple. Ce sera sans doute le levier technologique principal de la 5G.

L'enjeu du déploiement de la 5G relève des initiatives autonomes des opérateurs, qui investissent dans son déploiement, ainsi que des acteurs publics, dont la Commission européenne, qui a établi un plan d'action ⁽²⁾ dans le cadre du Marché numérique unique.

Selon la Commission européenne, les revenus issus de la 5G pour les opérateurs mobiles devraient ainsi atteindre 225 milliards d'euros d'ici 2025. Pour que l'Europe en bénéficie pleinement, le plan d'action propose plusieurs axes d'intervention afin de garantir le déploiement d'une infrastructure 5G efficace :

(1) C. Erhel, avis n° 3112 présenté au nom de la commission des affaires économiques sur le projet de loi de finances pour 2016, sur le budget « Communications électroniques et économie numérique », octobre 2015

(2) Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Conseil économique et social et au Comité des régions, « 5G for Europe : an Action Plan », 14 septembre 2016

- aligner les feuilles de route et les priorités nationales pour un déploiement coordonné de la 5G dans les États membres. L'introduction de la 5G pourrait avoir lieu en 2018, avec un déploiement à grande échelle à l'horizon de fin 2020 ;

- rendre des bandes de fréquences disponibles pour la 5G à l'horizon 2019, tout en recourant à des bandes provisoires pour faciliter la transition ;

- encourager le déploiement rapide de la 5G dans les principales zones urbaines et dans les grands axes de transports ;

- encourager les expérimentations entre acteurs différents, à l'échelle européenne, pour que l'innovation technologique se traduise en solution économique ;

- faciliter la création d'un fonds privé de capital-risque pour financer l'innovation de solutions 5G ;

- unir les principaux acteurs européens dans la promotion de standards technologiques à l'échelle mondiale.

En outre, la Commission européenne a mis en place, en novembre 2016, un partenariat public-privé d'infrastructure 5G (5G-PPP) : il s'agit d'assurer le développement cohérent de la 5G, notamment sa standardisation, et d'y associer les industries européennes pour effectuer la transition vers cette nouvelle génération de réseau mobile.

La question de l'attribution de fréquences⁽¹⁾ est au cœur de ce plan d'action : il faudra s'assurer de leur disponibilité, autant dans le bas du spectre (pour connecter un nombre important d'objets) que dans le haut du spectre (pour obtenir un très haut débit en temps quasi-réel). Le groupe des régulateurs européens de fréquences qui conseille la Commission européenne en la matière, le RSPG (*Radio Spectrum Policy Group*)⁽²⁾ préconise, dans un avis de début novembre 2016⁽³⁾, d'harmoniser trois bandes pour l'utilisation de la 5G :

- une bande de fréquences basses (700 MHz) pour la couverture globale du territoire, et donc de l'ensemble des objets connectés ; elle est actuellement utilisée pour la TNT et sera disponible pour le très haut débit mobile en France entre 2016 et 2019, grâce aux résultats de l'appel à candidatures pour l'attribution de ces fréquences aux opérateurs ;

(1) À noter que seuls les réseaux de niveau métropolitain ou national recourent à des bandes de fréquences sous licence, attribuées par une autorité publique (GSM, 3G, 4G, etc.). Les réseaux de courte portée (WiFi, Bluetooth) sont configurés par l'utilisateur final et non par un opérateur, et fonctionnent sur des bandes de fréquences dites libres. Les nouveaux réseaux bas débit (LoRa, Sigfox), qui ont pourtant une longue portée, se développent également en bandes libres.

(2) Le représentant de la France est l'Agence nationale des fréquences (ANFR).

(3) RSPG, « Strategic Roadmap towards 5G in Europe », avis du 9 novembre 2016

– une bande de fréquences moyennes (3,4-3,8 GHz) pour la connexion des services urbains ; à la différence d’autres continents, l’Europe n’utilise pas cette bande pour ses communications satellitaires ;

– une bande de fréquences hautes (26 GHz) pour offrir une capacité de débit très élevée (*ultra-high capacity*) aux services et secteurs innovants de l’économie ; cette bande est aujourd’hui utilisée, notamment, par l’Agence spatiale européenne.

Plusieurs opérateurs ont déjà investi massivement dans la 5G. C’est par exemple le cas de Huawei, à hauteur de 600 millions de dollars. Toutefois, l’arrivée de la 5G se heurte à plusieurs difficultés : il faudra parvenir à déployer les infrastructures physiques associées dans des espaces (notamment urbains) déjà contraints, où l’exposition aux ondes fait déjà l’objet d’importants débats dans la société civile. Il faudra également engager un effort de déploiement financier colossal – ne serait-ce que l’acquisition de bandes de fréquences –, ce qui fait dire aux concurrents directs de la 5G, les constructeurs de réseaux bas débit, que les opérateurs de la plupart des objets connectés privilégieront leur offre, moins coûteuse.

Recommandation n° 16 : Garantir une stabilité réglementaire et fiscale pour les opérateurs qui souhaiteront investir dans des infrastructures 5G en France, par souci de sécurité juridique et d’incitation vertueuse à l’investissement. En particulier, les réglementations en matière d’urbanisme et la fiscalité des stations radioélectriques (IFER) ne devraient pas évoluer dans un sens qui découragerait un déploiement rapide de cette nouvelle génération de réseaux, dont les retombées économiques seront très bénéfiques pour le pays.

B. LES DÉFIS QU’IL RESTE À RELEVÉ

1. Améliorer l’environnement fiscal et réglementaire de l’innovation

a. Développer le financement des entreprises innovantes par le levier fiscal

Une des explications du manque d’investisseurs internationaux dans le financement des entreprises innovantes en France est le caractère jugé insuffisamment incitatif de la fiscalité du capital investi et de sa rémunération.

Si la France cherche à dynamiser son écosystème de l’innovation, au moins deux gisements d’épargne peu productive peuvent être exploités à l’aide de régimes fiscaux plus incitatifs : le patrimoine des ménages (notamment l’impôt de solidarité sur la fortune) et l’épargne mobilisée en assurance-vie, qui pourrait être davantage fléchée vers le financement de l’innovation.

(i) *Réorienter la fiscalité du patrimoine*

La fiscalité du patrimoine pousse les ménages à investir vers des actifs sûrs. En effet, les plus-values et les revenus tirés du capital (intérêts, dividendes, rentes, revenus fonciers) ont connu ces dernières années une hausse de leur niveau d'imposition. Les dividendes sont aujourd'hui soumis à un taux effectif d'imposition qui peut aller jusqu'à 33,5 % (en tenant compte des prélèvements sociaux, de la contribution exceptionnelle sur les hauts revenus et de l'abattement de 40 % à la base du dividende). Les intérêts et les plus-values mobilières peuvent être soumis à un régime de prélèvement encore plus lourd si les titres sont détenus pendant une durée inférieure à deux ans.

L'imposition du patrimoine intervient pendant sa détention et lors de sa transmission. Les principaux impôts qui frappent la transmission du patrimoine sont les droits de mutation ; or, c'est sur la détention du patrimoine qu'un modèle de fiscalité plus incitatif pourrait être trouvé. Plus précisément, en dehors des taxes foncières, prélevées au profit des collectivités territoriales, c'est l'impôt de solidarité sur la fortune (ISF) qui concentre les critiques.

L'ISF s'applique chaque année aux contribuables domiciliés en France dont le patrimoine est supérieur à 1,3 million d'euros. Versé par moins de 1 % des foyers fiscaux, l'ISF a rapporté à l'État 5,6 milliards d'euros en 2015. Le taux de l'ISF est progressif (il varie de 0,5 % à 1,5 % selon les tranches), mais son assiette est étroite et son coût de collecte important. En effet, l'ensemble des biens nécessaires à l'exercice d'une activité professionnelle, ainsi que les œuvres d'art font l'objet d'une exonération.

Par ailleurs, les réductions d'ISF, dont l'objet est d'inciter à l'investissement dans des entreprises françaises ou dans le mécénat, sont faibles en volume. Ainsi, le dispositif ISF-PME est plafonné à 45 000 euros pour l'investissement dans le capital d'une petite entreprise ⁽¹⁾, ce qui ne représente au total que 650 millions d'euros.

La réforme ou la suppression de cette imposition permettrait de dégager des marges de manœuvre fiscales pour encourager l'investissement en France, notamment dans l'innovation. Vos rapporteuses expriment à ce sujet des vues différentes.

Pour Mme Corinne Erhel, la réflexion sur l'ISF devrait permettre de dégager les pistes d'une évolution de la fiscalité du patrimoine. Plus précisément, votre rapporteure estime que la réforme de l'ISF permettrait d'orienter des fonds

(1) La réduction d'impôt porte sur 50 % des versements réalisés par investissement direct dans une PME, une coopérative ou, plus récemment, dans une entreprise solidaire d'utilité sociale. Toutefois, la même réduction s'applique également aux investissements indirects (via un fonds commun de placement dans l'innovation, un fonds commun de placement à risques ou un fonds commun de proximité). La réduction est plafonnée à 45 000 euros pour un investissement direct et à 18 000 euros pour un investissement indirect. Un autre plafond de 50 000 euros existe pour les dons aux organismes d'intérêt général. Ces plafonds ne sont pas cumulables.

vers le financement des entreprises innovantes et des startups. Une des orientations pertinentes repose sur la création d'un « compte épargne investisseurs » qui permettrait d'obtenir une franchise d'ISF pour les *business angels* qui financent des entreprises innovantes, sur le modèle du « compte PME innovation » (CPI) créé par l'article 31 de la loi n° 2016-1918 du 29 décembre 2016 de finances rectificative pour 2016. De la même façon, l'augmentation du plafond du dispositif ISF-PME est une piste à étudier : un sur-plafond pourrait être mis en place pour les investissements placés dans des fonds communs de placement dans l'innovation (FCPI) – qui sont déjà dans la cible du dispositif existant.

Pour Mme Laure de La Raudière, la suppression de l'ISF est la piste à privilégier. Cette suppression aurait deux effets bénéfiques : elle favoriserait l'impatriation de certains Français – et donc de leurs capitaux – et elle libérerait des fonds qui pourraient être investis librement. La disparition de l'impôt permettrait en effet de supprimer la contrainte inhérente à l'existence des nombreuses « niches » fiscales, qui orientent les choix d'investissement (dans l'innovation, dans le logement, dans les PME), là où les investisseurs aspirent à davantage de liberté. Enfin, dans un contexte européen de forte concurrence fiscale, votre rapporteure rappelle que les capitaux sont très mobiles, et sont généralement investis dans des pays qui bénéficient d'une réelle attractivité fiscale. Pour toutes ces raisons, la suppression de l'ISF attirerait un flux important de capitaux au bénéfice des entreprises françaises.

Recommandation n° 17A – Mme Laure de La Raudière : Supprimer l'impôt de solidarité sur la fortune pour encourager l'impatriation des capitaux et améliorer l'attractivité fiscale de la France.

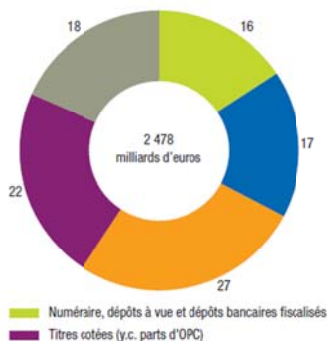
Recommandation n° 17B – Mme Corinne Erhel : Réformer l'impôt de solidarité sur la fortune pour le rendre plus favorable à l'investissement dans l'innovation et dans le risque.

(ii) Le meilleur fléchage de l'assurance-vie

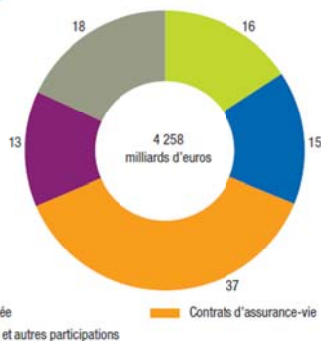
Selon la Banque de France, en 2000, l'épargne réglementée et les contrats d'assurance-vie représentaient 44 % du patrimoine financier des ménages. En 2014, ils en représentent 52 %. Cette progression fait de l'assurance-vie le premier placement financier des ménages en France en volume.

RÉPARTITION PAR TYPE D'INSTRUMENT DES PLACEMENTS FINANCIERS DES MÉNAGES FRANÇAIS (EN %)

a) 2000



b) 2014



Sources : comptes nationaux financiers, Banque de France.

Vos rapporteuses ont été attentives aux débats sur ce sujet lors de l'examen du projet de loi de finances pour 2017 à l'Assemblée nationale. En particulier, l'Assemblée nationale a adopté en première lecture un amendement visant à adapter la fiscalité des comptes d'assurance-vie, afin que celle-ci favorise les placements financiers plus vertueux. Les produits financiers qui contribuent, directement ou indirectement, au financement de la transition énergétique et écologique ou qui concilient performance économique et impact social et environnemental bénéficieraient d'une certification.

Deux labels seraient donc créés : le label « Transition énergétique et écologique pour le climat » (TEEC), qui garantit que les fonds labellisés respectent des critères relatifs à leur contribution, directe ou indirecte, au financement de la transition énergétique et écologique et à la qualité et la transparence de leurs caractéristiques environnementales et le label « Investissement socialement responsable », pour les placements qui concilient performance économique et impact social et environnemental en finançant les entreprises et les entités publiques qui contribuent au développement durable.

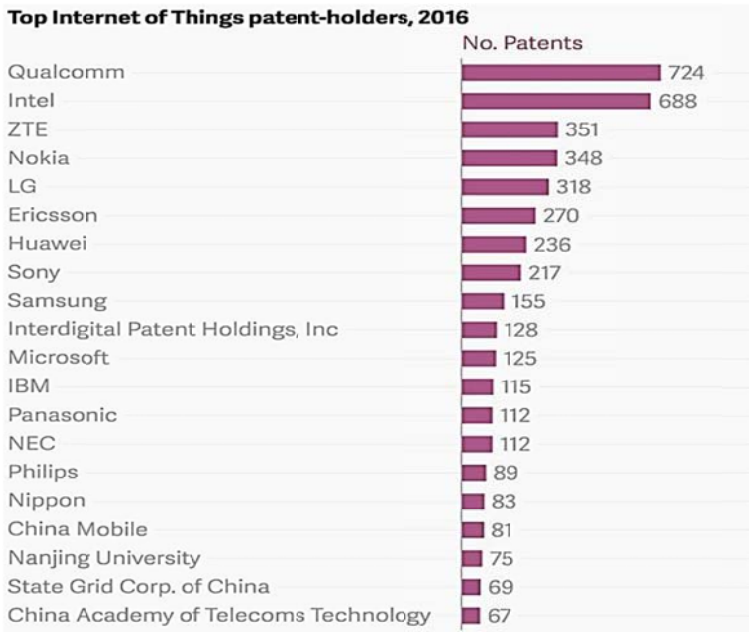
Le projet exposé ci-dessus propose de modifier la fiscalité de l'assurance-vie, non pas en créant une niche fiscale supplémentaire mais en fléchant les avantages fiscaux déjà existants sur les produits bénéficiant des deux labels précités. Pour tirer parti de l'ampleur de l'assurance-vie dans l'épargne des ménages, vos rapporteuses jugent qu'il serait pertinent d'étendre ce mécanisme pour le financement de l'innovation et des entreprises innovantes : le label « *French Tech* » pourrait bénéficier aux investissements financiers en capital-risque. Il permettrait de garantir que davantage de fonds soient disponibles au bénéfice de la croissance de nos entreprises innovantes.

Recommandation n° 18 : Créer un label pour les produits financiers qui contribuent au financement de la transformation numérique.

b. Protéger l'innovation

L'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) vient de publier un rapport⁽¹⁾ sur les dépôts de demandes de titres de propriété intellectuelle en 2015. Cette année-là, 2,9 millions de demandes de brevets ont été déposées, soit une hausse de 7,8 % par rapport à 2014. Il s'agit de la sixième année consécutive d'augmentation de la demande de protection par brevet, d'après le communiqué de presse qui a accompagné la parution du rapport.

Il est utile d'observer que le plus grand nombre de demandes mondiales de brevets s'est fait dans le domaine de l'informatique (7,9 % du total), puis dans celui des machines électriques (7,3 %) et, enfin, dans celui des communications numériques (4,9 %). Les objets connectés, au croisement de ces trois domaines, sont donc bien au cœur des innovations que les entreprises cherchent à protéger. Il peut être intéressant de relever que, selon le cabinet de conseil LexInnova⁽²⁾, les entreprises avec le plus grand nombre de brevets portant sur l'internet des objets sont les fabricants de puces (Intel, Qualcomm). En troisième position, on retrouve le fournisseur d'équipements télécoms et de solutions réseaux chinois ZTE.



Source : LexInnova, 2016

(1) WIPO, World Intellectual Property Indicators, novembre 2016. En 2015, la France occupe la 6^e place du classement en matière de brevets

(2) LexInnova, Internet of things: 2016. Patents and perspectives, 2016

Qu'est-ce qu'un brevet ? Comment le calibrer efficacement ?

Le brevet est un document juridiquement opposable qui confère un droit d'exploitation exclusif et temporaire à l'intérieur d'un territoire donné.

En conférant un droit exclusif mais territorialement et temporellement circonscrit, le brevet permet de concilier l'intérêt économique de l'innovation et son utilité sociale. L'intérêt de l'inventeur à innover est garanti par une protection de son intérêt économique et l'utilité sociale de l'innovation est garantie par le périmètre strict du brevet relativement à la définition du produit protégé, à sa limitation dans le temps et dans l'espace.

Un brevet n'est valide que dans un territoire déterminé. Il est certes possible de déposer son brevet non seulement au registre national à l'Institut national de la propriété intellectuelle (INPI) mais aussi au registre européen de l'Office européen des brevets (à Munich). Néanmoins, le brevet européen n'est pas un brevet de ressort territorial communautaire : il s'agit d'une procédure de dépôt unique du brevet et de traduction dans les langues des différents pays où le brevet est déposé, mais le droit national de la propriété intellectuelle de chaque État partie continue de s'appliquer. Cela signifie que la force juridique du brevet est susceptible de variations d'un pays à l'autre, ce qui crée aujourd'hui une certaine insécurité juridique pour les entreprises qui innovent.

Enfin, il est également possible de déposer son brevet au registre de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI), particulièrement pour les brevets des entreprises multinationales.

Un dépôt de brevet s'assortit de coûts de dépôt et de coûts de maintien qui sont d'autant plus importants pour une innovation qu'elle est complexe et que la protection est demandée sur un ressort territorial étendu ou pour une longue durée. Les frais de traduction représentent à eux seuls en moyenne 40 % du coût total du brevet⁽¹⁾. Le coût moyen de dépôt d'un brevet est de 700 euros ; il augmente si le déposant souhaite recourir à la procédure accélérée de dépôt (en vingt mois).

Dans le domaine technologique, les principaux obstacles à une régulation efficace de l'innovation par le brevet tiennent aux pratiques de certaines grandes entreprises, au détriment des plus petites. Le développement de « *Patent Trolls Companies* » (entreprise de chasse au brevet), en particulier dans le monde anglo-saxon, s'est organisé autour de l'utilisation abusive des brevets afin de protéger les grandes entreprises des innovations concurrentes, au point qu'une « guerre des brevets » a éclaté en 2011. Ainsi, plutôt que d'investir dans l'innovation, ces sociétés ont engagé des frais conséquents d'avocats et de rachats d'entreprises possédant des brevets afin de maintenir leur produit sur le marché et d'obtenir le retrait de ceux de la concurrence.

Précisément, certaines entreprises orientent d'ores et déjà leur stratégie commerciale sur la conquête du marché des objets connectés par une politique d'acquisition massive de brevets à toutes les étapes de la production.

(1) L'accord de Londres de 2008 a ainsi réduit le nombre de langues officielles requises pour le brevet européen à trois.

**Les exemples récents de « guerre des brevets »
dans le domaine des objets connectés.**

– La guerre « Apple vs. Samsung » a abouti en 2011 au retrait du marché allemand de la tablette Samsung Galax Tab pour violation des droits sur l'iPad.

– Fitbit et Jawbone, deux concurrents sur le marché des bracelets connectés, sont entrés en conflit juridique après que Jawbone a intenté trois procès en trois mois contre Fitbit en 2015. La justice californienne a finalement condamné Jawbone en 2016 pour avoir délibérément ignoré la protection des brevets en commercialisant des bracelets connectés avec des composants beaucoup trop similaires aux fichiers déposés par Fitbit. L'enjeu financier de cette guerre des brevets est révélé par les conséquences de cette décision de justice qui permet à Fitbit de continuer à importer et à vendre ses produits aux États-Unis. Cette décision est motivée par le fait que lesdits brevets, concernant le suivi du sommeil et de la santé, offraient à Jawbone un monopole sur ce marché.

– Nest et Honeywell ont mis un terme à quatre ans de guerre des brevets sur les thermostats intelligents en passant un accord financier à la suite du rachat de Nest par Google en 2014. Nest avait été accusée par Honeywell de brevetage abusif pour empêcher toute innovation concurrentielle de prospérer.

Vos rapporteuses remarquent que la forte concentration de la propriété des brevets, au sein des grandes entreprises déjà positionnées sur le marché des objets connectés, risque de nuire à l'innovation en entravant le libre processus concurrentiel, notamment pour les entreprises françaises en plein essor qui chercheraient à conquérir le marché mondial.

c. Reconnaître l'innovation

En novembre 2014, la commission des affaires économiques a émis un avis (n° 2393) sur la proposition de loi constitutionnelle n° 2293 de M. Éric Woerth visant à instaurer un principe d'innovation responsable dans la Constitution. Cette proposition, finalement rejetée par l'Assemblée nationale, visait à substituer au principe de précaution – reconnue par la Constitution au titre de l'article 5 de la Charte de l'environnement – un principe d'innovation responsable.

Les signataires de cette proposition de loi constitutionnelle proposaient que le principe d'innovation responsable englobe à la fois le principe de précaution, le principe de prévention, le principe de réparation et les droits d'information et de participation. L'idée sous-jacente était d'éviter que le principe de précaution ne devienne une source de blocages contre les innovations et les expérimentations, en développant l'incertitude : ce principe peut ainsi être source de sur-réglementation ou être un moyen d'encourager les contentieux.

L'exposé des motifs de la proposition indiquait notamment : « on remarque, qu'en se fondant sur ce principe, un grand nombre de réglementations, parfois lourdes, voire contestables, ont été prises dans différents secteurs, comme par exemple le secteur agricole ou industriel. Le principe de précaution seul, peut

être parfois un principe d'inaction, d'interdiction et d'immobilisme. La prudence doit être de rigueur mais non au détriment du progrès. C'est pourquoi il ne peut s'inscrire que dans le cadre du principe d'innovation ».

L'avis – défavorable – du rapporteur au nom de la commission des affaires économiques, M. Philippe Kemel, reconnaissait que le principe de précaution pouvait faire l'objet d'un détournement au sein de l'espace public, que ce soit par les médias, les responsables publics ou la société civile. Par exemple, la jurisprudence récente sur les antennes-relais de téléphonie mobiles a conduit à ce que la seule « crainte ressentie » par les riverains d'un potentiel risque sur la santé caractérise un trouble anormal de voisinage, et a donné lieu à une réparation du préjudice subi.

Le rapporteur pour avis avait toutefois rappelé que le principe de précaution, lorsqu'il est correctement appliqué, est compatible avec l'innovation, et peut même l'encourager. C'est le cas de la transition énergétique, où d'importants financements publics et privés sont venus encourager le développement de technologies innovantes (voiture propre, efficacité énergétique des bâtiments, énergies renouvelables), en vue de réduire les risques liés au réchauffement climatique. Le rapporteur pour avis avait donc proposé de reconnaître un principe d'innovation en parallèle du principe de précaution :

« La reconnaissance d'un principe d'innovation, dont les contours sont encore à définir, aurait plusieurs vertus.

« Tout d'abord, elle aurait pour objet d'apporter un indispensable contrepoids au principe de précaution, afin de circonscrire ses dérives et de décourager toute interprétation dogmatique. Mais, de manière plus constructive, il s'agirait surtout, pour reprendre les termes d'Anne Lauvergeon, d'instaurer un "équilibre dynamique"⁽¹⁾ dans l'application de ces deux principes, de définir une doctrine plus stable dans laquelle l'innovation ne s'affranchirait pas des règles de précaution, et où la précaution s'appliquerait en respectant la liberté et la créativité de l'innovation.

« Ensuite, au même titre que le principe de précaution, la reconnaissance d'un principe d'innovation enverrait un signal fort aux entrepreneurs, aux investisseurs, aux citoyens, sur l'importance que doit prendre l'innovation dans la conduite de l'action publique.

« Enfin, elle pourrait avoir des effets juridiques utiles, non seulement dans la conception des politiques publiques, mais dans l'application de la réglementation par les services ministériels et les services déconcentrés. »

Vos rapporteuses s'accordent sur l'idée que le principe d'innovation doive aujourd'hui bénéficier d'une reconnaissance juridique adéquate. Les entrepreneurs

(1) « Le principe d'innovation », tables-rondes de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 5 juin 2014

et les innovateurs ont besoin d'un cadre de travail rassurant, qui limite les insécurités juridiques et les risques contentieux qui résulteraient d'une volonté de bloquer le progrès.

Les prochaines échéances politiques devraient, quant à elles, permettre de définir les modalités de cette reconnaissance : en substitution au principe de précaution, pour Mme de La Raudière ; en créant un équilibre entre précaution et innovation, sans remettre en cause l'existence constitutionnelle du principe de précaution, pour Mme Erhel. Dans les deux cas, la France aurait l'audace de reconnaître l'innovation parmi ses principes constitutionnels.

Recommandation n° 19A – Mme Corinne Erhel : Reconnaître le principe d'innovation dans la Constitution, au même niveau que le principe de précaution.

Recommandation n° 19B – Mme Laure de La Raudière : Reconnaître le principe d'innovation dans la Constitution, en substitution au principe de précaution.

2. L'internet des objets, levier de la réindustrialisation française ?

La désindustrialisation du pays est un processus qui continue à produire ses effets aujourd'hui : depuis 2000, 900 000 emplois ont été supprimés dans l'industrie, et 145 000 depuis 2012.

Pour inverser cette tendance, le plan « Industrie du futur », porté par l'État et par une alliance d'industriels, vise à tirer parti de l'innovation dont le pays est capable pour soutenir des projets industriels structurants, où la France pourrait acquérir un leadership européen ou mondial à moyen terme : les objets connectés figurent en bonne place dans les perspectives les plus ambitieuses de ce plan, avec l'impression 3D ou le *big data*. Pour tirer au mieux parti de ces nouvelles technologies, la France doit moderniser son appareil productif et accompagner ses entreprises industrielles dans la transformation de leurs modèles économiques, de leur organisation, de leurs modes de conception et de commercialisation par le numérique.

Le tissu industriel français pourrait effectivement bénéficier de l'internet des objets et créer de l'emploi en France. Rappelons qu'à court terme, les gains de productivité que les objets connectés autorisent dans les processus industriels permettent déjà de contrebalancer une compétitivité-coût entamée par des coûts salariaux élevés. Mais de façon plus directe, les entreprises françaises productrices d'objets connectés en forte croissance, telles que Netatmo ou Parrot, ou les opérateurs comme Sigfox, ont un effet d'entraînement sur l'activité de l'ensemble de la filière (composants électriques et électroniques, systèmes informatiques et logiciels, services supports). Si ces filières industrielles s'adaptent à la nouvelle donne de l'internet des objets, de nouveaux producteurs d'objets connectés pourront émerger plus facilement et contribuer à la structuration d'une offre française compétitive.

Selon quel modèle ? L'industrie de demain devra être plus réactive à des variations de demande, produire en plus petite quantité mais avec une grande valeur ajoutée (en services notamment ⁽¹⁾), plus près du consommateur final. Le modèle industriel de demain, que la production d'objets connectés illustre parfaitement, passera d'une logique « *low mix/high volume* » (grandes quantités produites de façon standardisée) à une logique « *high mix/low volume* » (petites quantités produites de façon personnalisée). La filière électronique française a déjà commencé à s'adapter : des *clusters* comme WeNetwork encouragent le développement de relations plus intégrées et plus réactives aux innovations, de la production de composants (semi-conducteurs, micro-processeurs) jusqu'à l'assemblage.

La logique d'intégration de l'internet des objets pourrait aller plus loin : la plateforme européenne d'intégration, d'assemblage et de développement électronique (PLEIADE), lancée début 2016, souhaite associer les industriels de la production électronique (donneurs d'ordre comme Thales ou sous-traitants comme Eolane) avec les industriels d'autres filières (énergie, automobile). L'enjeu est de remettre l'industrie française dans une stratégie de construction collective d'avantages concurrentiels pour les marchés de demain.

Ce modèle « *high mix/low volume* » d'une industrie française plus adaptable privilégiera le tissu productif le plus dynamique en France : les petites et moyennes entreprises (PME) et les entreprises de taille intermédiaire (ETI), dont le maillage est important sur tout le territoire. Par exemple, si la France a manqué le virage de la robotique ⁽²⁾, l'introduction de la nouvelle génération de robots collaboratifs dans les chaînes de production (la « cobotique ») contribuerait à contrebalancer notre retard. En effet, la robotisation classique, comme celle réalisée dans l'industrie allemande, accroît fortement la performance industrielle, mais elle est surtout adaptée à une production à grande échelle et à grande cadence, pour amortir son coût. En revanche, les « cobots » sont beaucoup moins chers, sont mobiles dans les postes de travail et fonctionnent en interaction avec les opérateurs humains. Ils sont donc plus facilement accessibles aux modèles de production des PME et des ETI industrielles et permettront de réaliser des gains de productivité et de connecter simplement leurs processus industriels.

De même, de nouveaux modèles de fabrication numérique de très petite ampleur se développent pour répondre aux besoins de prototypage, voire de première série, des jeunes entreprises qui souhaitent lancer un produit.

Dans la même lignée que la Cité de l'objet connecté à Angers, l'entreprise Usine IO, à Paris, se conçoit comme un « accélérateur industriel » : il s'agit de permettre à des entrepreneurs de passer du concept au prototype, et d'envisager l'industrialisation. Plus qu'un « *techshop* », où l'utilisateur vient construire la

(1) Voir la première partie.

(2) Selon le Syndicat des machines et technologies de production (Symop), 35 000 robots industriels sont actifs en France – c'est deux fois moins qu'en Italie et quatre fois moins qu'en Allemagne.

pièce dont il a besoin pour son produit, Usine IO offre également des services de conseil et des expertises techniques (choix des équipementiers, zones géographiques de production, besoins en compétences ou en technologies), en plus des outils de haute technologie nécessaires à la production (plasturgie, électronique, conception assistée par ordinateur).

La production d'objets connectés, dans une logique « *high mix/low volume* », trouve dans ce type d'ateliers de fabrication numérique l'interface nécessaire entre le design d'un produit et la phase pré-industrielle.

Ce panorama des potentiels effets de levier de l'internet des objets sur l'industrie française doit être replacé dans un contexte de concurrence internationale. La France n'est pas le seul pays à souhaiter tirer plus de fruits de la digitalisation de son industrie. D'après une étude de PwC sur l'industrie « 4.0 » ⁽¹⁾, menée auprès de 2 000 entreprises dans 26 pays, la digitalisation des industries devrait faire l'objet d'un effort d'investissement de 907 milliards de dollars d'ici 2020.

3. Encourager la transition numérique des entreprises traditionnelles

a. Les usages du numérique par les PME-PMI françaises sont insuffisants

Selon France Stratégie ⁽²⁾, depuis les années 1990, la France présente un retard important en termes de diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC) au sein de son tissu productif, par rapport aux États-Unis. En 2012, le stock de capital TIC français serait inférieur d'environ un quart au stock des États-Unis, à peu près au niveau du stock américain de la fin des années 1980. Plus largement, les entreprises françaises n'ont pas encore pleinement effectué leur conversion au numérique. En effet, selon la même source, en 2014, seules 63 % d'entre elles disposent d'un site web, quand ce chiffre dépasse les 75 % dans la plupart des économies avancées et 90 % dans les pays nordiques. De même, seules 17 % des entreprises utilisent les réseaux sociaux pour leurs relations clients, contre 25 % en moyenne dans l'OCDE.

Comment expliquer cette situation ? Les PME et les PMI sont souvent considérées comme le parent pauvre de la transition numérique : les ETI et les grandes entreprises font l'objet de soutiens publics importants, comme le crédit impôt recherche, et les startups bénéficient d'une attention particulière de la part des pouvoirs publics, comme cela a été constaté dans les développements précédents. Pourtant, les PME-PMI constituent l'essentiel du tissu productif français et de l'emploi.

(1) PwC, *Industry 4.0 : Building the digital enterprise*, 2016

(2) France Stratégie, « *Comprendre le ralentissement de la productivité en France* », janvier 2016

La transformation numérique des PME-PMI peut prendre plusieurs dimensions : la transformation des outils de production (davantage d'investissements immatériels, prospectives et études de marché *via* les réseaux sociaux), la digitalisation du marketing et du service clients (essor du « *community management* », la relation clients sur les réseaux sociaux) ; modification des modes d'organisation du travail (messageries internes, modification des organigrammes) ; reconfiguration des chaînes de valeur (dans les produits et les services proposés).

Selon l'Association de l'économie numérique (ACSEL)⁽¹⁾, les PME-PMI ont deux choix stratégiques : soit revoir en profondeur leurs modes de production pour s'adapter à l'économie numérique ; soit opérer une transition plus pragmatique, en numérisant une partie des fonctions seulement, et de façon progressive, pour respecter l'identité de l'entreprise. Ainsi, dans ces entreprises, la prospection et la communication sont plus fortement digitalisées. Le même baromètre distingue les entreprises qui ont seulement mis en œuvre des leviers digitaux (présence sur les réseaux sociaux, animation d'un site internet, par exemple) et celles qui ont une vraie volonté stratégique de numérisation de leur activité : soit une stratégie numérique formalisée, soit un responsable ou une équipe dédié au numérique au sein de l'entreprise.

Dans ce contexte, le Conseil national du numérique (CNNum) a été chargé par le Premier ministre de réaliser, d'ici fin 2016, un plan d'action national pour la transition numérique des PME, avec la collaboration de la direction générale des entreprises et de plusieurs partenaires. Le CNNum a remis un point d'étape à l'été 2016, après avoir enquêté auprès de 200 PME-PMI.

b. Le déploiement d'un écosystème français des objets connectés nécessite un effort de formation à cette transition numérique

Comme les développements précédents le rappellent, les PME-PMI sont indispensables à la structuration d'un tissu industriel de l'internet des objets. Mais pour qu'un écosystème complet des objets connectés voie le jour, les très petites entreprises de services devront également s'adapter. Par exemple, l'élaboration d'un objet connecté à usage domotique nécessite des compétences pour l'assembler, le faire fonctionner et proposer des services. Mais il faudra également que les artisans en charge de son installation dans le domicile du consommateur disposent des formations et des savoir-faire adaptés, sans quoi l'offre n'est pas complète, et la demande ne peut être satisfaite. Les serrures intelligentes, les volets ou les thermostats connectés nécessitent en effet de concilier une expertise traditionnelle et une connaissance technique de ces nouveaux dispositifs.

Vos rapporteuses souhaitent donc insister sur le fait que le succès de l'internet des objets en France va dépendre de la capacité de l'ensemble de son tissu productif à réussir la transition numérique. À cette fin, les efforts publics

(1) ACSEL, Baromètre de transformation digitale des entreprises, 2016

d'accompagnement des entreprises, notamment des plus petites, doivent être approfondis.

Pour cela, la mise en place d'une méthodologie commune, sous l'impulsion de l'État, est indispensable : les acteurs économiques concernés, que ce soit les collectivités territoriales, les chambres de commerce et d'industrie ou les chambres de métiers et de l'artisanat ou les entreprises elles-mêmes, doivent bénéficier de lignes directrices sur les étapes et le coût de cette transition numérique.

Recommandation n° 20 : Les chambres consulaires, accompagnées par les services de l'État, doivent élaborer des kits de formation pour la transition numérique à destination de leurs adhérents.

TRAVAUX DE LA COMMISSION

Au cours de sa séance du mardi 10 janvier 2017, la commission des affaires économiques a procédé à l'examen du rapport d'information de Mmes Corinne Erhel et Laure de La Raudière sur les objets connectés.

Mme la présidente Frédérique Massat. Mes chers collègues, permettez-moi tout d'abord de vous présenter mes meilleurs vœux pour cette année 2017.

Les objets connectés constituent un sujet important sur le plan économique, auquel notre commission s'intéresse depuis de nombreuses années. Nos collègues Corinne Erhel et Laure de la Raudière se sont particulièrement investies sur ce thème, et je les remercie pour tout le travail s'y rapportant qu'elles ont accompli dans le cadre législatif, mais aussi comme rapporteures du rapport d'information qu'elles vont nous présenter, comme le veut le hasard du calendrier, au lendemain du *Consumer Electronic Show* (CES) qui vient de se tenir à Las Vegas.

Comme on peut le lire en introduction du rapport, la France a les moyens de jouer un rôle important dans le domaine des objets connectés. Ainsi, 275 entreprises étaient présentes au CES de Las Vegas, formant la troisième délégation nationale en nombre : c'est la preuve du dynamisme dont font preuve les acteurs économiques de notre pays en la matière, et un motif de fierté pour nous.

Nos deux collègues avaient déjà rédigé en 2014 un rapport d'information sur le développement de l'économie numérique française, dans la continuité duquel s'inscrit le présent rapport, puisque notre commission a décidé d'approfondir le sujet en créant une mission d'information sur les objets connectés.

L'intérêt des objets connectés pour notre économie est certain, ne serait-ce qu'en raison des gains de productivité et de rentabilité qu'ils procurent, représentant de ce point de vue de véritables moteurs de croissance et des atouts essentiels pour l'industrie du futur. Les auditions et les déplacements que vous avez effectués, Mesdames les rapporteures, vous ont permis de prendre la mesure du potentiel de ce beau sujet d'anticipation, qui aura de nombreuses implications dans notre quotidien de demain.

Les exemples d'objets connectés que vous citez dans votre rapport rendent sa lecture à la fois plaisante et instructive. Vous formulez également des préconisations et évoquez les enjeux à venir des objets connectés, dont la présence dans notre vie de tous les jours est appelée à croître : ces objets se développent dans différents secteurs, qu'il s'agisse de la santé, de l'énergie ou encore de

l'agriculture – nous avons organisé ici même plusieurs tables rondes sur cette question.

Cela dit, comme nous l'avons dit à maintes reprises, notamment dans le cadre de l'examen du projet de loi de modernisation, de développement et de protection des territoires de montagne, et comme vous le soulignez vous-mêmes, cette diffusion ne pourra pas avoir lieu sans une couverture numérique efficace. Or, il reste encore beaucoup à faire en la matière, en particulier dans certains territoires. La commission des affaires économiques organisera prochainement, c'est-à-dire avant la fin du mois de février, une table ronde sur ce thème, à laquelle seront conviés les opérateurs.

Vous évoquez le recours aux technologies satellitaires, qui pourraient constituer le moyen de fournir une couverture numérique, donc l'accès aux objets connectés, à tous les territoires, et je serai moi-même amenée à vous interroger sur ce point lorsque nous aborderons la séquence de questions et réponses. Dans l'immédiat, je vous donne la parole pour présenter votre rapport.

Mme Corinne Erhel, rapporteure. Madame la présidente, mes chers collègues, pour la sixième fois, Mme Laure de La Raudière et moi-même allons vous présenter un rapport sur le thème du numérique. Ce rapport, que nous avons corédigé au cours de l'année 2016, est intitulé « L'internet des objets : le numérique à l'ère de la prédiction ». Il contient vingt recommandations, dont deux sur lesquelles chacune de nous porte une appréciation distincte.

Internet connaît aujourd'hui une extension inédite, puisque l'infrastructure mondiale des réseaux ne connecte désormais plus seulement les personnes, mais aussi les objets. Autrefois inertes et isolés, les objets, qu'il s'agisse des serrures, des montres ou des voitures, sont aujourd'hui dotés de capteurs, de puces, ou encore de caméras embarquées permettant de fournir de nouveaux services ou de générer des données afin de rendre notre environnement plus intelligent.

Nos domiciles, nos moyens de transport, mais aussi nos espaces publics et nos lieux de travail, peuvent être quantifiés et rendus plus efficaces ; ils peuvent rendre de nouveaux services, améliorer notre sécurité ou nos comportements grâce à la collecte et au traitement des données émises par les objets connectés.

Internet connaît donc, avec les objets connectés, ce que nous avons qualifié de « changement de paradigme ». Le nombre d'objets connectés qu'il y aura dans les années à venir en témoigne. En 2016, on estime à 6,4 milliards le nombre d'objets connectés dans le monde et, dès 2020, il pourrait y en avoir entre 30 et 50 milliards selon les différentes estimations. Plusieurs facteurs expliquent l'apparition de cet « internet des objets » (en anglais *internet of things* ou IoT).

Premièrement, les avancées technologiques récentes ont permis de miniaturiser encore davantage les microprocesseurs, les semi-conducteurs et autres composants électroniques à la base de la technologie des objets connectés. En outre, le développement massif de l'informatique en nuage – le *cloud*

computing –, associé à une puissance de calcul et de traitement des données inégale – le *big data* –, participe de cette nouvelle donne technologique.

Deuxièmement, l'accessibilité financière progresse, en particulier auprès du grand public, de plus en plus friand de ces objets connectés. Une demande est apparue autour d'objets au design élégant, qui prolongent l'utilisation courante du smartphone et qui améliorent notre confort au quotidien. Une catégorie spécifique d'objets connectés portables est ainsi apparue : les *wearables*, c'est-à-dire les montres, bracelets et lunettes connectés.

Troisièmement, enfin, les marchés des objets connectés, qu'il s'agisse de ceux des entreprises ou de ceux des consommateurs finaux, gagnent en maturité. Mme Laure de La Raudière présentera dans un instant, de façon plus précise, les perspectives économiques de ces deux types de marché.

Les auditions que nous avons menées ont permis d'illustrer à quel point l'internet des objets allait, dans les années à venir, transformer notre quotidien. Nous nous sommes donc attachées à mener une analyse de l'impact social des objets connectés.

Il nous a paru clair que l'internet des objets allait influencer de façon positive sur notre vie sociale. En contribuant à relier des personnes entre elles au travers de leurs objets connectés, il crée du lien social, notamment pour les plus jeunes générations marquées par le développement des réseaux sociaux. L'application Waze, de plus en plus utilisée, en constitue une bonne illustration. Grâce à elle, les utilisateurs-automobilistes sont connectés entre eux et peuvent s'échanger des informations sur les conditions de circulation. Les utilisateurs sont au cœur du système puisque les contributions de chacun assurent l'utilité collective et ce faisant, permettent la viabilité du système. De même, l'entreprise française Plume Labs, qui se spécialise dans la mesure de la pollution en ville, a franchi une nouvelle étape de croissance grâce à l'internet des objets, qui a permis de développer des capteurs connectés portables, les *air sensors*, qui doivent permettre une mesure collaborative de la pollution subie, en complément des modèles de prévision, reposant sur des algorithmes. L'application Plume Air Report connaît déjà un franc succès dans de nombreuses villes du monde, en permettant de détailler les niveaux de pollution dans les 24 heures ou encore de notifier des alertes en cas de pic de pollution.

Du côté de la vie collective, les objets connectés peuvent être réappropriés par les citoyens, les services publics ou les collectivités locales. C'est toute la logique des *smart cities*, ces villes dites intelligentes car ultraconnectées. Dans ce domaine, nous formulons une recommandation consistant à mieux associer les citoyens à chaque étape du déploiement des services publics connectés.

Toutefois, l'impact social de l'internet des objets n'est pas univoque. Si nous n'y prenons pas garde, les objets connectés peuvent porter en germe des

risques d'exclusion creusant davantage une fracture numérique déjà présente dans certains de nos territoires. Trois risques principaux peuvent être recensés.

Premièrement, il existe un risque de dépendance technologique : les objets connectés les plus populaires à ce jour portent sur la quantification de l'activité quotidienne des individus. C'est le cas des montres connectées qui permettent de connaître le nombre de pas et, partant, la distance parcourue à pied chaque jour. Or, l'importance de la mesure dans notre quotidien augmentant drastiquement, la pratique régulière de l'auto-mesure pourrait, si l'on n'y prend garde, se traduire par un enfermement dans une représentation statistique de soi, voire conduire à une addiction à la mesure.

Deuxièmement, le respect de la vie privée peut se trouver remis en question face à la captation et au partage massifs des données personnelles par les objets connectés sans que l'utilisateur n'exprime clairement son consentement.

Troisièmement, enfin, une couverture numérique du territoire insatisfaisante empêchera le développement équilibré de l'internet des objets sur notre territoire. Alors que certaines zones n'ont encore accès qu'au bas débit, le défi à venir de la 5G sera d'assurer rapidement le maillage complet du territoire afin de ne pas aggraver la fracture numérique. Nous formulons également une recommandation sur ce point.

Les risques et les craintes légitimes que suscitent les objets connectés ne doivent pas être sous-estimés, mais évalués avec tout le recul nécessaire. C'est pourquoi il faut apporter une réponse proportionnée et adaptée à ces enjeux, et mettre en œuvre une régulation politique axée sur la responsabilité personnelle des utilisateurs – qui doivent bénéficier de mesures pédagogiques spécifiques –, ainsi que sur une régulation souple et évolutive introduite par les pouvoirs publics notamment les autorités indépendantes comme la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) et l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP). Sur ce point, notre recommandation n° 11 consiste à inventer les termes d'une régulation politique basée sur les compétences des autorités indépendantes compétentes, mais aussi sur l'expertise d'organisations spécialisées, tel le Conseil national du numérique.

Mme Laure de La Raudière, rapporteure. Je rebondis sur les propos de ma collègue sur l'impact social de l'internet des objets : si nous avons axé une large partie de notre analyse sur les conséquences économiques des objets connectés, nous voulions également vous rappeler que l'internet des objets dépasse largement les seuls aspects économiques, puisqu'il va conduire à s'interroger sur la place des décisions humaines dans un monde où les objets vont être programmés pour prendre des décisions à la place des hommes.

Le rapport contient de nombreux exemples du potentiel de l'intelligence artificielle dans notre société de demain, par exemple en matière de voiture autonome. Il faudra sans doute, dans les mois à venir, compléter ce rapport par

une analyse sociétale et politique de la place de l'homme dans la société numérique de demain. Le transhumanisme semble désormais à nos portes et, même si Mme Corinne Erhel et moi-même appelons à une régulation européenne en la matière afin que la France ne se trouve pas isolée, il nous semble nécessaire que notre pays s'empare de la réflexion sur les enjeux que comportent les immenses potentialités de l'intelligence artificielle.

En matière économique, deux enjeux doivent être présentés en priorité : d'une part, le potentiel de création de valeur des objets connectés, d'autre part, la plus-value que présentent les données collectées par les objets connectés eux-mêmes.

Pour ce qui est du potentiel de création de valeur des objets connectés, les différentes études sur lesquelles nous nous sommes appuyées montrent que l'Union européenne gagnerait jusqu'à 7 points de PIB, soit 1 000 milliards d'euros d'ici à 2025 grâce à l'essor de l'internet des objets. Cette estimation est fondée sur les ventes d'objets connectés – du simple bracelet connecté au compteur électrique intelligent ou au capteur placé sur une chaîne de production –, mais aussi de services fournis *via* des objets connectés – surveillance, gestion d'équipement à distance, pilotage de lignes industrielles, etc. Mais la création de valeur serait surtout indirecte, sous la forme de gains de temps – par exemple grâce à une meilleure gestion des flux de circulation permettant une réduction des embouteillages – ou de pouvoir d'achat – grâce aux économies d'énergie permises par la domotique ou aux économies de dépenses de santé entraînées par l'utilisation d'appareils de mesure favorisant une médecine plus préventive que curative.

Les acteurs que nous avons rencontrés pendant nos auditions font un constat très largement partagé : si l'internet des objets offre des potentialités inouïes, il n'en est qu'à ses balbutiements. De ce point de vue, notre rapport est d'une nature essentiellement prospective : il vise à faire œuvre de pédagogie sur les enjeux en matière d'objets connectés.

Un exemple mérite d'être développé, celui de la maintenance prédictive. Les entreprises industrielles mettaient en œuvre, jusqu'à présent, une maintenance qualifiée de préventive : face aux coûts prohibitifs d'arrêt d'une chaîne de production en cas de panne d'équipements, la maintenance préventive prévoit, en amont et généralement dès la livraison des outils, un plan fixe d'interventions, parfois réalisées de façon superflue lorsque les équipements sont en bon état de marche. Au contraire, la maintenance prédictive s'appuie sur la production de données par les équipements, en temps réel, afin de cibler les besoins de maintenance.

Nous avons ainsi auditionné des représentants de la filiale SNCF Digital, qui a développé une stratégie dite d'« internet des objets industriel ». En plaçant des capteurs sensoriels de mesure de la pression, de température des rails, ou de mouvements de caténaires sur des points stratégiques, et en connectant les trains

qui empruntent ces voies, les agents de la SNCF sont en capacité de déterminer, à l'avance, les équipements qui menacent d'être défaillants. Certes, ce programme est loin d'être pleinement opérationnel, comme le montrent les problèmes – notamment dus aux caténaires – actuellement rencontrés sur certaines lignes.

À terme, l'internet des objets devrait permettre une augmentation de la compétitivité de notre industrie, ce qui constitue un enjeu majeur pour l'industrie du futur et pour la réindustrialisation de la France, grâce à la maîtrise de la mise en place de la maintenance prédictive, mais aussi grâce à la possibilité de développer une offre qui ne sera plus limitée aux produits industriels, mais étendue aux services.

En matière de création de valeur, les politiques publiques devraient être les prochaines grandes bénéficiaires de l'internet des objets : la ville connectée va permettre de résoudre des problèmes sociaux et environnementaux – lutte contre la pollution, décongestion des villes, gestion des ressources grâce à des réseaux intelligents. Quant aux politiques de santé publique et de protection sociale, elles vont pouvoir se reconfigurer autour des données que les individus mesureront en temps réel et mettront à la disposition des personnes publiques et des professionnels de santé pour analyser et suivre leur état de santé ; cela devrait permettre de mieux anticiper la propagation de maladies et d'encourager la lutte contre les comportements à risques.

Pour ce qui est des données, le rapport d'information sur le développement de l'économie numérique française que Mme Corinne Erhel et moi-même avons rédigé en 2014 imaginait déjà le potentiel du *big data*, qui commençait à se mettre en place. Dans ce nouveau rapport, nous souhaitons montrer que le potentiel économique et social des données du *big data* est encore plus important avec le développement exponentiel des objets connectés et alors que nous assistons à un essor exponentiel du volume de données disponibles, mais aussi des services pouvant être fournis sur la base de l'exploitation de ces données – des services dont les consommateurs sont très demandeurs.

Nous nous sommes concentrées sur la façon dont les données des objets connectés pouvaient constituer un levier de réindustrialisation du pays. En effet, la plupart des analyses économiques montrent que l'intégration d'une offre de services dans la production industrielle est le moyen le plus sûr de réindustrialiser de façon opportune le pays. D'une part, les entreprises industrielles vont pouvoir, grâce aux données, bénéficier de substantiels gains de productivité – Airbus a ainsi mis en place des lunettes connectées permettant d'analyser les actions des techniciens pour améliorer leur précision, augmenter leur rapidité d'exécution ou déceler des malfaçons. D'autre part, les données vont permettre de concentrer le modèle économique des industries vers les services, qui sont au cœur de l'industrie du futur.

La vision d'un mode de production où l'industrie et les services sont deux secteurs bien distincts est maintenant dépassée. L'industrie automobile, par

exemple, est aujourd'hui confrontée à la menace de voir le marché se détourner de produits sortis d'usine, où les constructeurs restent les grands donneurs d'ordres, pour préférer des « solutions de mobilité » vendues par de grandes entreprises de services comme Google, et cherche à adapter en conséquence son offre de services aux consommateurs.

Ce recentrage de la valeur économique sur les services suppose que les entreprises industrielles s'approprient les données que leurs objets industriels permettent de collecter, ce qui constitue une véritable révolution culturelle pour les industries françaises. Il s'agit de gérer, à l'aide de capteurs communicants, l'optimisation de l'utilisation du produit, sa logistique et sa maintenance. Il s'agit également, grâce aux données d'utilisation, de mieux connaître les besoins des clients et de s'y adapter, voire d'anticiper leurs demandes.

Sur ce point, nous formulons deux recommandations. L'une consiste à renforcer substantiellement les moyens alloués au plan de l'Industrie du futur dénommé « Économie de la donnée » *via* le lancement de plusieurs appels à manifestation d'intérêt dans ce domaine. Nous sommes en effet convaincues que la donnée sera, demain, la principale source de valeur économique : la France pourrait, grâce à ses compétences mondialement reconnues dans le domaine des mathématiques et de l'analyse de données, bénéficier d'un avantage concurrentiel durable à l'échelle européenne, voire mondiale.

L'autre recommandation consiste à inciter les universités à développer des formations de sciences de la donnée, aujourd'hui cantonnées aux grandes écoles d'ingénieurs alors qu'elles auraient vocation à être démocratisées sur l'ensemble du territoire, afin de répondre aux besoins futurs des industries.

Mme Corinne Erhel, rapporteure. La partie suivante du rapport porte sur les opportunités que la France doit saisir pour réussir le virage de l'internet des objets, et amplifier cette dynamique.

La conviction que nous partageons toutes les deux est que la France peut légitimement prétendre à une position d'avant-garde dans cette révolution des objets connectés. Nombre de startups et de PME françaises productrices d'objets connectés telles que Netatmo ou Parrot, ou d'opérateurs comme Sigfox, ont déjà acquis une reconnaissance internationale. Par exemple, sur les dix objets connectables à l'iPhone les plus vendus sur l'*App store*, quatre sont français et plusieurs objets connectés ont été primés au CES de Las Vegas en 2017.

En quelques années, la France s'est dotée d'un environnement très favorable pour la création de startups. Près de 3 000 sont implantées en région parisienne et 7 000 sont réparties sur l'ensemble de la France.

Plus largement, la France dispose d'un véritable dynamisme entrepreneurial, souvent tourné vers l'innovation. Ce dynamisme est tiré par des compétences dans les nouveaux métiers de la donnée, les sciences de l'ingénieur ou les mathématiques appliquées. Des formations se développent autour du

nouveau métier que constitue le *data scientist*. À titre d'exemple, on peut citer le *master of science big data for business* de l'École polytechnique et de HEC, lancé en septembre 2016, ou encore la filière *data science* de l'École nationale de la statistique et de l'administration économique (ENSAE).

Certains grands organismes de recherche ont également développé des programmes autonomes pour valoriser la recherche dans le domaine des objets connectés, comme l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), qui invite à la recherche sur les objets connectés dans le domaine de la santé et sur les enjeux de sécurité des données. Le domaine de la santé sera probablement l'un des grands pourvoyeurs de développement d'objets connectés.

De même, l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) a créé l'Iot-Lab, une structure destinée au test, en grandeur nature, des technologies de l'internet des objets.

Il faut souligner que le bon positionnement français s'explique par un environnement porteur. Les jeunes entreprises innovantes, sociétés de moins de huit ans qui investissent en recherche, bénéficient d'exonérations de cotisations sociales et d'exonérations fiscales. Nous avons souvent dit ici que le crédit d'impôt recherche était un élément constitutif et distinctif pour la qualité et qu'il permettait de soutenir l'effort des entreprises en R & D et en innovation en France.

À ces aides directes s'ajoutent celles à destination des investisseurs, comme le dispositif ISF-PME ou le tout nouveau compte PME innovation créé dans le cadre de la dernière loi de finances rectificative.

Les entrepreneurs trouvent donc en France nombre de réseaux d'accompagnement, d'accélérateurs, d'incubateurs, et le financement du capital-risque s'améliore.

Au cours des déplacements que nous avons effectués, nous avons constaté que la *French Tech*, qui a été créée en 2013, a contribué à améliorer l'image de marque de nos startups à l'étranger, tout en constituant une étape décisive dans la transformation et la reconnaissance des écosystèmes performants sur l'ensemble du territoire, puisqu'un certain nombre de territoires sont labellisés *French Tech*.

En matière d'internet des objets, la *French Tech* repose avant tout sur le dynamisme des collectivités territoriales. Il existe en France des écosystèmes tournés vers l'internet des objets. Les plus connus sont la Cité de l'objet connecté à Angers qui bénéficie du label *French Tech*, l'écosystème Brest Tech+ en Bretagne qui a un réseau thématique « internet des objets » à Lannion, ou encore l'IoT Valley à Toulouse, qui a été fondée en 2011 par M. Ludovic Le Moan, le PDG de Sigfox, et qui est implantée sur le campus de Labège où sont concentrées des startups de plus en plus nombreuses. L'ensemble compte aujourd'hui trente-cinq entreprises membres, 300 collaborateurs et des partenaires issus de grands groupes, à l'image d'Intel, de Microsoft ou de Samsung.

La France doit impérativement s'engager encore plus dans le virage de l'internet des objets, et elle a les compétences pour le faire. Il faut amplifier le système d'innovation et de R & D qui existe dans notre pays, et continuer à accompagner les jeunes.

Aujourd'hui, un tiers des étudiants et lycéens professionnels souhaitent créer leur entreprise. En dix ans, le nombre de créations d'entreprises par des jeunes a quasiment triplé. Il importe donc d'accompagner la prise de risques et de dédramatiser la peur de l'échec. Face à cela, les jeunes sont beaucoup plus ouverts que les générations précédentes. Il faut conforter cet écosystème qui n'a besoin que de grandir.

Mme Laure de La Raudière, rapporteure. Mme Corinne Erhel a mis en avant les points positifs, mais il reste toutefois quelques freins à lever.

Les startups ont des difficultés à s'inscrire dans une croissance durable de leur développement, à faire ce que l'on appelle le *scale up*, c'est-à-dire à passer le cap qui permet de basculer du statut de startup à celui d'entreprise de taille plus importante. Elles ont du mal à réussir des levées de fonds importantes, de plusieurs dizaines de millions d'euros, même si on a vu, depuis deux ans quelques contre-exemples. Elles ont des difficultés également à maîtriser un environnement réglementaire qui se complexifie à mesure que l'entreprise grandit – respect du droit du travail, effets de seuil, etc.

Les obstacles sont aussi d'ordre psychologique. En raison d'une insuffisante culture de la prise de risque, l'échec est toujours pointé du doigt en France, même s'il y a bien un dynamisme entrepreneurial. La faiblesse de l'internationalisation dans nos jeunes entreprises est un autre frein. Or le numérique est un marché complètement affranchi des frontières. Dans le domaine des objets connectés, la demande française ne sera pas suffisante pour parvenir à la taille critique nécessaire permettant d'affronter la concurrence internationale. Je suis allée en Israël où j'ai pu constater que les startups ont le même problème de marché domestique trop faible. Elles ont cependant tout de suite le réflexe stratégique de s'orienter vers plusieurs marchés en même temps. C'est ce qu'il faut parvenir à faire en France.

L'apparition en France d'une culture de l'« exit » constitue un autre frein. Les startups ont tendance à développer et lancer leurs produits puis à revendre l'entreprise à un grand groupe, souvent étranger, plutôt que de la faire croître. C'est dommage car nous ne pouvons pas ainsi amortir les importants soutiens publics à l'innovation qui ont été réalisés. C'est aussi, à terme, une perte de contrôle du développement de l'entreprise qui passe sous main étrangère.

Autre point d'attention : le développement d'infrastructures de réseaux performantes sur tout le territoire. Autant nous étions en avance par rapport aux autres pays en ce qui concerne le déploiement de l'ADSL, autant maintenant nous sommes en train de prendre du retard s'agissant du très haut débit. Il faut être très

vigilant et faire de ce projet de couverture en très haut débit le projet prioritaire de déploiement d'infrastructures en France.

Un autre frein concerne l'environnement administratif et fiscal français. Deux sujets méritent d'être discutés. Avec Mme Corinne Ehrel, nous sommes d'accord pour reconnaître un principe d'innovation dans la Constitution. Mais à titre personnel, je défends l'idée que ce principe se substitue au principe de précaution. Il s'agit d'éviter que ce dernier ne devienne une source de blocages contre les innovations et les expérimentations, en développant l'incertitude. Ce principe peut ainsi être source de sur-réglementation ou être un moyen d'encourager les contentieux. Le principe d'innovation dans la Constitution suffit-il à protéger les innovations ou faut-il, comme je le propose, supprimer le principe de précaution ? Le débat est à la fois politique et juridique.

Nous pensons également qu'il faut réformer la fiscalité du capital. Les entreprises et les innovations qui doivent être portées d'emblée sur un marché mondial ont besoin de beaucoup de capitaux pour les levées de fonds. Aujourd'hui, la France est dans une situation de handicap car la fiscalité du patrimoine n'est pas concurrentielle par rapport à ses partenaires européens. Mme Corinne Ehrel propose une fiscalité sur l'impôt de solidarité sur la fortune (ISF) favorable à l'investissement dans l'innovation et le risque, tandis que je suggère de supprimer l'ISF pour rendre notre pays très attractif et permettre une relocalisation de certains capitaux en France.

Notre recommandation n° 17 consiste à avoir en France une fiscalité du capital qui soit de toute façon favorable à l'investissement dans l'innovation et dans le risque.

En conclusion, ce rapport ne comporte pas de nouvelles propositions de mesures réglementaires ou législatives parce que nous pensons qu'il s'agit d'un rapport prospectif et pédagogique. Nous voulions porter à votre connaissance les enjeux de croissance que représente le développement des objets connectés, et insister sur la nécessité d'avoir des formations adaptées et de faire de la pédagogie auprès du tissu industriel français s'agissant de l'importance d'investir dans l'industrie du futur et dans le changement des pratiques industrielles.

Il est certain qu'il sera intéressant, dans le cadre de la prochaine législature, de voir comment la France, au regard des autres pays, a mis en place les objets connectés dans son économie et son industrie, et comment elle aura su tirer parti d'un point de vue économique de l'ensemble de ces enjeux.

M. Yves Blein. Je remercie nos deux rapporteuses pour ce travail minutieux et passionnant.

Vous avez indiqué que l'internet des objets était considéré comme la troisième évolution de l'internet où les objets connectés ont pour ambition de rendre notre environnement plus intelligent et plus sûr. Les objets connectés ne sont plus aujourd'hui les gadgets technologiques que nous avons connus il y a

quelques années, ils sont devenus de véritables marchés qui peuvent rapporter beaucoup d'argent aux entreprises et aux États qui s'y intéressent. Le potentiel de la donnée est énorme, comme vous avez pu le constater. Ce Gouvernement l'a d'ailleurs compris en faisant de l'internet des objets la première des sept grandes priorités d'action du plan « Industrie du futur ».

Mais, comme toute nouveauté, les objets connectés inquiètent parfois nos concitoyens, en tout cas ils les interrogent. Il est bon que les pouvoirs publics s'en emparent rapidement afin d'instaurer, selon moi, la première des priorités : le rapport des citoyens à ces objets et la confiance dans laquelle ils doivent pouvoir investir. Aujourd'hui, il est difficile de garantir au consommateur que ses données personnelles ne font pas l'objet d'un stockage ou d'une exploitation économique, ou qu'elles sont tout simplement respectueuses du périmètre qu'il juge pertinent d'être le sien en ce qui concerne son intimité. Vous l'évoquez dans votre recommandation n° 9. Mais croyez-vous que cela puisse se faire aussi facilement, compte tenu des pouvoirs économiques, et des enjeux économiques et financiers que constituent ces données et la gestion de ces données pour les entreprises ?

Vous avez également beaucoup parlé de l'impact social et du lien créé par les réseaux sociaux. On peut, à l'inverse, se demander si les objets connectés n'aboutissent pas parfois à une véritable déconnexion du citoyen du monde réel. J'aimerais connaître votre avis sur cette question.

La formation à cette nouvelle économie fait l'objet de votre recommandation n° 12. Selon vous, quelle peut être cette formation, et sous quelle forme pourrait-elle se développer ?

L'énorme chantier de la donnée ne pourra se faire au niveau national, l'échelon européen étant un rouage essentiel pour devenir le futur champion de la donnée. Là aussi, compte tenu des différentes politiques publiques et des avancées technologiques hétérogènes de nos voisins européens, comment comptez-vous faire pour réunir tout le monde autour de la table afin d'avancer rapidement et fortement sur cette question ?

Enfin, je soutiens l'idée de Mme Laure de La Raudière qui vise à remplacer dans la Constitution le principe de précaution par celui d'innovation.

M. Lionel Tardy. Avec les objets connectés, internet va se transformer en un réseau étendu, reliant plusieurs milliards d'êtres humains à plusieurs dizaines de milliards d'objets. Ils vont bouleverser totalement des domaines encore relativement peu affectés par internet, comme la santé, l'habitat, l'automobile ou l'assurance.

La compétition économique sera redoutable entre plateformes et en ce qui concerne le partage de la valeur entre les acteurs économiques traditionnels et les nouveaux venus issus du secteur numérique. L'internet des objets touchera ou touche déjà l'espace professionnel. Les chaînes de logistique et de distribution ont été les premières à intégrer les puces électroniques dans les produits, afin d'en

assurer la traçabilité et d'optimiser leur activité. Plus généralement, l'internet des objets est un moyen pour les entreprises de rationaliser leurs processus internes.

Il concernera également l'espace public. Plusieurs villes déploient déjà des technologies de l'internet des objets pour répondre aux défis énergétiques et d'aménagement urbain. Dans ces villes, l'éclairage, le trafic, la collecte des déchets, la qualité de l'air et la distribution des fluides sont analysés et optimisés en permanence.

Enfin, dans l'espace privé, la diffusion des objets connectés commence à s'insérer dans la vie courante individuelle, notamment en ce qui concerne les paramètres individuels de santé. Mais pour le moment, une majorité de personnes voit peu d'utilité pratique de ces objets connectés. La clé au niveau de l'espace privé sera certainement de rendre l'usage attractif et plus simple d'accès, comme certains d'entre nous ont pu le voir au CES de Las Vegas.

Le rôle des plateformes d'échanges sera également très important puisque tout objet connecté fera partie d'une communauté. Notre voiture dialoguera avec les voitures environnantes, mais également avec le conducteur, l'assureur, le garagiste ou les services de secours. Les plateformes joueront donc un rôle clé dans la structuration du secteur. Chargées non seulement de gérer ces échanges de données mais aussi de réunir les acteurs d'une communauté d'objets connectés, qu'il s'agisse des développeurs, des fournisseurs, des utilisateurs ou des gestionnaires de services, elles donneront ainsi accès à des services qui pourront être améliorés sur la base des retours des utilisateurs et des données d'usage. Comme le souligne votre rapport, ce sera la donnée qui sera la source de création de valeur ; il ne faudra surtout pas rater ce tournant. Il y aura aussi une bataille autour des standards de nommage des objets puisque tous ces objets devront être identifiés par un autre pour établir un échange. Là aussi, beaucoup de choses vont se passer.

Le rapport que vous nous présentez offre un panorama très complet sur l'internet des objets. Vous avez également parlé du dynamisme français, qui est très réel dans ce secteur, comme nous avons pu le voir au CES de Las Vegas où nous étions avec Mme Laure de La Raudière. Il y a deux aspects qu'il ne faut pas oublier lorsque l'on parle des objets connectés : la réflexion éthique et la couverture numérique. La faible couverture numérique peut rendre impossible l'accès aux objets connectés pour un certain nombre de nos concitoyens.

Sur le plan économique, la priorité ne devrait-elle pas être la stabilité réglementaire et fiscale pour éviter, par exemple, de réformer le régime des attributions gratuites d'actions un an après sa modification, comme on l'a fait lors de la loi de finances de 2017 ? Vous constatez, en effet, dans votre rapport, un manque de lisibilité, raison principale de la faiblesse du capital-risque en France.

En ce qui concerne la place des PME et des entreprises de taille intermédiaire (ETI), au-delà du rôle de l'État et des acteurs purement publics, que

peut-on attendre d'autres acteurs comme les organisations professionnelles ou les chambres consulaires pour promouvoir l'internet des objets et accélérer la transformation numérique des entreprises ?

M. Frédéric Barbier. J'ai lu que, lors du CES de Las Vegas, un professeur de l'université de San Diego avait dit que les enfants qui naissent aujourd'hui ne conduiraient certainement jamais de voiture. De fait, et cela va très vite, de nombreuses aides à la conduite sont régulièrement installées. Des équipements permettent maintenant, par exemple, à des véhicules d'éviter un objet sur la route.

Les objets connectés, qu'ils concernent la régulation thermique ou le pilotage d'installations domestiques, seront tous reliés à un système intelligent qui prendra plus ou moins le pas sur l'humain, en tout cas qui fera des propositions *via* des algorithmes. L'homme pourra ainsi laisser ce système intelligent décider pour lui. Certes, nous avons connu, par le passé, des révolutions technologiques. Par exemple, le nucléaire a permis la production d'électricité, mais en la matière il n'y a pas eu vraiment d'interconnexion avec l'homme. Or, avec la signature électronique, le commerce électronique, on voit bien qu'il y a une interaction avec l'humain. Les véhicules connectés vont ainsi interagir beaucoup plus fortement que d'autres révolutions technologiques que nous avons connues par le passé.

Votre rapport est très précis et très complet. Je veux vous poser une question qui va peut-être au-delà de votre mission : comment voyez-vous évoluer le cadre juridique de ces objets connectés ? À quel moment l'humain reprend-il la main ? Quelles sont les responsabilités ? Comment s'assurer que la traçabilité ne joue pas trop sur les libertés des hommes et des femmes qui utiliseront les objets connectés ?

Mme Virginie Duby-Muller. Mesdames les rapporteuses, je vous remercie pour la qualité de votre rapport qui présente un secteur extrêmement important avec un potentiel de croissance exceptionnelle.

La France a rayonné au CES en étant le troisième pays en termes de présence, après les États-Unis et la Chine. Les acteurs français sont, vous l'avez souligné, à la pointe en matière d'objets connectés.

Je souhaite revenir sur un cas d'école qui peut être le révélateur des insuffisances du modèle français. Il s'agit de Withings, spécialiste bien connu de la santé connectée, ex-fleuron de la *French Tech*. Vous le savez, l'entreprise a été rachetée par le finlandais Nokia en avril 2016. Ce n'est d'ailleurs pas un cas isolé puisque Captain Train a aussi été racheté au début de l'année 2016 par son concurrent britannique Trainline. Le groupe finlandais a ainsi déboursé 170 millions d'euros pour s'offrir ce pionnier des objets connectés, fondé en 2008, qui a notamment mis sur le marché des balances connectées, des montres et des bracelets permettant de visualiser des données de santé. Nokia a pu investir *via* sa filiale Nokia Technologies dont le siège est situé en Californie. Comment

analysez-vous ce rachat ? Quel est l'impact pour les ambitions françaises sur le marché des objets connectés ?

Dans votre précédent rapport, en 2014, étudiant de manière passionnante le développement de l'économie numérique française, vous préconisiez pour les objets connectés « de réserver une part de la commande publique numérique au développement de nouvelles applications dans le domaine de l'internet des objets ». Quel est le bilan aujourd'hui ? À combien s'élève cette part ?

Enfin, je souhaiterais connaître votre analyse concernant la menace des cyber-attaques *via* les objets connectés. On le sait, les tensions se déplacent aujourd'hui dans le monde numérique et les objets connectés peuvent nous rendre vulnérables à de telles attaques. M. Gérard Berry, professeur d'informatique au Collège de France, membre de l'Académie des sciences et lauréat de la médaille d'or 2014 du CNRS, a récemment qualifié les objets connectés de « passoires » en termes de sécurité. Selon lui, quasiment tous les objets connectés de nouvelle génération peuvent être piratés. Il cite l'exemple concret du pacemaker. Si le médecin règle le pacemaker à distance, très bien. Mais si c'est un pirate qui le fait, la vie du patient peut être en jeu. Comment assurer une réelle sécurisation du processus ? Quelles sont vos recommandations dans ce domaine ?

(Présidence de M. Jean Grellier, vice-président de la Commission.)

M. Yves Daniel. L'un des objets d'étude du rapport est la santé connectée. Vous préconisez dans votre recommandation n° 13 le remboursement partiel par la sécurité sociale des objets connectés qui contribueraient à une politique de prévention. Or, si les opportunités sont en effet nombreuses dans ce domaine, l'alliance récente entre les géants pharmaceutiques et les sociétés qui exploitent le *big data* pose problème. Novo Nordisk et Johnson & Johnson se sont ainsi rapprochés d'IBM et, plus près de nous, Sanofi s'est allié en septembre 2015 avec la division sciences de la vie de Google pour développer « des méthodes plus proactives et efficaces de contrôle du diabète ».

Ne risque-t-on pas, sous prétexte d'améliorer la prise en charge des patients, de passer d'une médecine préventive à une sorte de dictature médicale ayant pour corollaire la fin de la mutualisation des risques, remplacée par une tarification personnalisée, comme vous l'évoquez très justement dans votre rapport ?

M. Guillaume Chevroliier. Le rapport montre bien que le numérique est un facteur essentiel de croissance pour notre pays. D'où une préoccupation déjà exprimée par notre présidente : l'accès au réseau est loin d'être une réalité sur tout le territoire, particulièrement dans les territoires ruraux.

Quelles peuvent être les conséquences économiques de l'internet des objets sur la filière stratégique qu'est l'agriculture ? Cette filière, qui vit aujourd'hui une crise, est en mutation ; elle s'est déjà beaucoup adaptée et doit encore considérablement évoluer. Les agriculteurs, écrivez-vous, sont connectés :

seuls 12 % d'entre eux n'ont recours à aucun équipement connecté. Les objets connectés permettent, dans l'élevage comme dans la culture, de véritables rationalisations et des gains de productivité dont notre agriculture a bien besoin.

Quelles perspectives les objets connectés offrent-ils à court terme dans le domaine agricole ? À quelle échéance situez-vous la généralisation de ce que vous appelez le *e-farming* ? Comment favoriser celui-ci de manière à conforter notre agriculture ? Quelle place cette filière occupe-t-elle dans la *French Tech* ?

Mme Marie-Hélène Fabre. Le rapport, publié en octobre 2015, de la mission gouvernementale « #AgricultureInnovation2025. 30 projets pour une agriculture compétitive et respectueuse de l'environnement » signalait l'importance du développement des objets connectés – robotique agricole, croisement et traitement des données, aide à la décision – pour améliorer l'efficacité et l'impact environnemental de l'agriculture française. Ainsi, dans certaines vignes, les capteurs connectés livrent des informations précises sur le niveau de stress hydrique des parcelles viticoles.

Les agriculteurs ont heureusement pris la mesure du potentiel que représente la digitalisation de leur secteur. Selon une étude citée dans le rapport d'information, la communauté agricole interrogée est connectée, avec en moyenne quatre équipements de *e-farming* par exploitation. Si l'on détaille les solutions de connexion dont disposent les agriculteurs, 60 % ont déjà acquis un système de gestion d'exploitation et de guidage par géolocalisation. En outre, 65 % des agriculteurs interrogés affirment leur intention de s'équiper dans les prochaines années, manifestant une prédilection pour les objets connectés aux machines agricoles, aux animaux d'élevage ou aux bâtiments agricoles.

De tels investissements ne sont pas réalisables sans recours à l'endettement. Dans cette perspective, quel pourrait être l'intérêt des structures déjà anciennes, mais toujours utiles, que sont les CUMA (coopératives d'utilisation du matériel agricole) ? Le droit existant leur permet-il de soutenir des investissements dans ce domaine ? Dans le cas inverse, quelles adaptations législatives vous sembleraient opportunes ?

M. Jean Grellier, président. Je laisse maintenant nos deux rapporteuses répondre aux questions.

Mme Corinne Erhel, rapporteure. Parmi vous, beaucoup d'intervenants s'accordent sur le potentiel de l'internet des objets, la place que la France occupe au sein de cet écosystème, et se demandent comment le développer.

Vous avez insisté sur deux éléments importants. Le premier est la confiance des investisseurs, nécessaire à la poursuite des investissements dans ce secteur. D'où nos recommandations visant à la stabilité fiscale et réglementaire dans ce domaine. Puisque les opérateurs vont devoir consentir des investissements massifs, une fiscalité lisible au fil du temps, donc stable d'un exercice à l'autre, est indispensable ; nous en avons débattu dans le cadre de la loi de finances pour

2017. Il en va de même pour les investisseurs en capital-risque. Nous divergeons sur le moyen de parvenir à cet objectif s'agissant de l'ISF : je préférerais que nous le réformions de manière à encourager davantage l'investissement, par exemple en améliorant la défiscalisation en cas d'investissement dans l'innovation, tandis que Mme Laure de La Raudière opte pour une suppression de cet impôt.

Le second élément est la confiance des utilisateurs, qu'il s'agisse de consommateurs individuels ou d'entreprises. Cette confiance concerne deux domaines évoqués à juste titre par plusieurs d'entre vous. D'abord, la collecte des données – et l'identité de ceux qui y procèdent –, leur lieu de stockage et leur destination. Nous avons déjà voté plusieurs textes à ce sujet, mais le problème s'accroît avec la multiplication des objets connectés. Nous devons donc poursuivre notre travail pour parvenir à une régulation assez fine, notamment de la part de la CNIL et de l'ARCEP.

Ensuite, la sécurité. À l'heure actuelle, certains des objets connectés sont à cet égard vulnérables. Il faut œuvrer davantage et de manière plus précise à la sécurité des données et à la cybersécurité : les enjeux, en France, sont importants ; des annonces récentes concernaient cet aspect, qui est l'un des plus essentiels.

Mme Virginie Duby-Muller a évoqué le rachat de Withings par Nokia, groupe qui a également fusionné avec Alcatel-Lucent ; l'opération s'explique notamment, au-delà de l'intérêt des objets connectés, par l'importance que ce groupe accorde à la sécurité. C'est un autre potentiel important qu'il faut développer.

Dans le domaine de la santé, abordé notamment par M. Yves Daniel, nous sommes soumis à des injonctions contradictoires : l'internet des objets présente un grand intérêt pour la prévention et la prédiction de certains risques, pour un suivi efficace et fin des patients au fil du temps, mais il pourrait permettre, si l'on ne prend pas suffisamment garde à la destination des données, une personnalisation de la sécurité sociale en fonction des risques. Il s'agit donc de trouver, dans les mois qui viennent, le bon point d'équilibre. La destination des données, en particulier, est fondamentale. Le potentiel considérable des objets connectés en matière de santé n'en requiert pas moins que l'on investisse davantage dans ce domaine, pour un suivi sur tout le territoire, quelles que soient l'origine et la pathologie des patients. Mais cela suppose des dépenses de R & D et un cadre favorable.

Dans l'agriculture, le potentiel de l'internet des objets est également très significatif. Chez moi, en Bretagne, dans les vastes zones légumières, les objets connectés permettent de tracer un produit du champ jusqu'à sa mise en conditionnement et sa commercialisation ; cette pratique existe déjà et continue de se développer. Je songe aussi aux techniques d'élevage, notamment au suivi de l'alimentation des animaux. Nous devons donc être en mesure d'investir massivement dans ces technologies et de développer fortement la R & D. Le potentiel, nous l'avons ; la France, qui a manqué d'autres tournants

technologiques au cours des années passées faute d'être suffisamment en première ligne, doit cette fois jouer un rôle moteur – sans jamais oublier la dimension européenne – dans ce secteur fondamental.

Mme Laure de La Raudière, rapporteure. En ce qui concerne les enjeux éthiques, évoqués par la plupart d'entre vous, deux éléments sont à prendre en considération.

Premièrement, les données elles-mêmes. À cet égard, nous avons besoin d'un cadre européen très exigeant. Le marché européen est suffisamment important pour que nous puissions imposer nos normes et nos valeurs aux acteurs étrangers. Mais cela nécessite une diplomatie numérique spécifique et de très haut niveau. En d'autres termes, il faut une prise de conscience de cet enjeu au plus haut niveau de l'État, si nous ne voulons pas perdre de notre souveraineté ou de nos valeurs.

Cette diplomatie doit d'abord s'élaborer au niveau bilatéral, en direction de pays avec lesquels nous sommes très habitués à travailler. La personne qui sera chargée de ce dossier devra être à un très bon niveau dans la hiérarchie des ambassadeurs. Celle qui le fait aujourd'hui est quelqu'un de très bien, mais ce sujet n'est pas la préoccupation première de nos ambassades en Allemagne, en Grande-Bretagne, aux Pays-Bas alors qu'il est essentiel de lui consacrer beaucoup de temps et d'énergie, car il y va de la construction de notre avenir européen. Je suis personnellement favorable à ce que nous placions ces enjeux au cœur du projet européen en réécrivant celui-ci pour l'adapter à l'ère du numérique.

Deuxièmement, l'utilisation des algorithmes d'intelligence artificielle soulève des interrogations. Quelle sera demain la place de l'homme dans la prise de décision ? L'intelligence artificielle est-elle une aide à la décision ou se substitue-t-elle au décideur ?

Sans même qu'il s'agisse d'intelligence artificielle, dès à présent, la majorité d'entre vous s'en remet au GPS pour choisir son itinéraire : vous ne faites plus de vous-mêmes un détour pour voir au passage une église, un monument, un site qui vous intéresse. Mais le GPS ne vous fait-il pas passer par des endroits qui ont fait l'objet d'une négociation avec des partenaires commerciaux ? De telles pratiques ne mériteraient-elles pas d'être encadrées, pour plus de liberté, ou du moins de neutralité des outils que nous utilisons ?

Demain, la question se posera dans des domaines bien plus cruciaux, dont la santé. Nous devons donc mener une réflexion politique sur ces enjeux. Il n'en faut pas moins miser au maximum sur les secteurs dont nous parlons, porteurs de croissance économique et de bénéfices pour la santé. L'utilisation des données collectées – notamment, en France, grâce à la base de la sécurité sociale – pour appuyer la décision du médecin permettra d'améliorer le traitement des patients et de le rendre plus égalitaire, quel que soit l'endroit du territoire où les patients se trouvent : un médecin qui devra soigner un cancer dans une zone reculée aura

accès aux mêmes données que l'Institut Gustave-Roussy et pourra pareillement leur appliquer des algorithmes d'intelligence artificielle afin de formuler des préconisations – comme nous le faisons nous-mêmes, à ceci près que notre cerveau ne peut pas ingurgiter le même nombre incalculable de données qu'une intelligence artificielle.

Le problème – cela a été dit – est que les grands acteurs qui se sont positionnés dans ce secteur sont IBM, avec Watson, et Google. Nous devons donc développer et promouvoir une solution européenne en la matière. Nous avons, en France, la capacité et les moyens de le faire. Le problème est réel, mais freiner le développement de l'e-santé et de l'utilisation des données personnelles serait une erreur du point de vue économique comme en ce qui concerne nos citoyens.

Les enjeux de sécurité sont tout aussi réels. Toutefois, je suis assez confiante. Nous n'en sommes qu'à la première phase de développement des objets connectés et le problème est bien identifié ; il sera traité, même s'il ne l'est pas encore. Il est inconcevable que nous nous mettions à utiliser des voitures connectées aussi facilement piratables qu'elles le sont aujourd'hui. Naturellement, il faut alerter à ce sujet l'ensemble des acteurs qui développent des objets connectés.

En ce qui concerne les enjeux de formation, abordés par M. Yves Blein, nous devons créer des formations de code et de développement informatique dans tous les territoires, au nom de l'exigence de transmission des connaissances au plus près de chaque territoire. Je milite donc pour que l'on fonde une école par département, voire par arrondissement dans quelques années. N'existe-t-il pas des écoles d'infirmiers dans chaque arrondissement ou presque ? Le numérique va se généraliser et nous aurons besoin de compétences disponibles partout pour moderniser et numériser l'ensemble de nos PME.

Il faut aussi développer les formations de *data scientists*, d'analystes de données. Il en existe en France de très bon niveau, mais très peu nombreuses. Il importe de les généraliser, au côté des filières scientifiques, dans toutes les universités de sciences.

Les enjeux pédagogiques concernent aussi la numérisation de nos PME, très en retard sur leurs homologues européennes s'agissant de la prise de conscience de l'importance du numérique pour leur compétitivité, le développement de leur chiffre d'affaires et même, parfois, la survie de leur activité. Nous devons donc fournir des formations aux chefs de PME et de TPE sur la numérisation, l'intégration d'objets connectés au système de production, l'installation de systèmes de domotique par les artisans, sans quoi ces entreprises subiront des pertes d'activité, car les consommateurs vont être demandeurs de ces prestations.

Dans l'agriculture, Madame Marie-Hélène Fabre, la viticulture est sans doute, en effet, la filière la plus avancée dans l'intégration de l'internet des objets

et dans la numérisation de l'activité, alors même que les exploitations ne sont pas toujours de grosses entreprises. Mais c'est aussi le cas de l'agriculture en général, comparée à l'artisanat ou au commerce qui concernent des entreprises de taille comparable, des TPE. Les agriculteurs sont depuis longtemps habitués à s'équiper : on voit des robots dans les exploitations d'élevage et, dans les exploitations céréalières, l'utilisation de pluviomètres connectés ou de drones se développe. Ce secteur globalement très dynamique peut servir d'exemple à d'autres secteurs industriels ou artisanaux.

S'agissant enfin du rôle désormais pivot des plateformes dans l'économie évoqué par M. Lionel Tardy, nous pensons qu'il y a une réflexion à mener sur la création de plateformes industrielles collaboratives au niveau européen et qu'une telle démarche mérite d'être encouragée. Si les constructeurs automobiles ne travaillent pas ensemble, la voiture connectée Renault ne parlera qu'à Renault, et non à Peugeot, par exemple. Il faudra aussi associer à cette réflexion les sociétés d'autoroutes et d'autres acteurs du domaine du transport. Le but est d'éviter que, cette fois, les plateformes ne soient préemptées par les géants américains. Ce n'est pas encore le cas dans cette filière, contrairement à ce qui s'est passé pour les moteurs de recherche, les réseaux sociaux ou dans le domaine hôtelier : la bataille n'est pas perdue et nous devons la livrer. Voilà pourquoi nous donnons aujourd'hui l'alarme, afin que ces enjeux soient signalés au plus haut niveau.

M. Jean Grellier, président. Merci de ces réponses précises et complètes.

*La commission **autorise** la publication du rapport d'information.*

SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

Recommandation n° 1 : Réaliser une revue de l'action publique au prisme de l'internet des objets, pour déceler les gains de productivité et les nouveaux usages qui peuvent en découler pour améliorer le fonctionnement des services publics. Cette revue pourrait être engagée par le secrétariat général de la modernisation de l'action publique (SGMAP), dans le cadre du plan gouvernemental #AmbitionNumérique.

Recommandation n° 2 : Renforcer substantiellement les moyens alloués au plan « Économie de la donnée » via le lancement de plusieurs appels à manifestation d'intérêt dans ce domaine. Vos rapporteuses sont convaincues que la donnée sera, demain, la principale source de valeur économique : la France pourrait, grâce à ses compétences, en dégager un avantage concurrentiel durable à l'échelle européenne, voire mondiale.

Recommandation n° 3 : Confier au pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME) une mission centrée sur le potentiel prédictif des objets connectés et sur leur impact dans les processus de décisions humaines.

Recommandation n° 4 : Faciliter l'émergence, au sein du plan « Industrie du futur », d'un groupe de travail composé des grands donneurs d'ordre industriels afin de créer l'ambition d'une plateforme de services industriels à l'échelle européenne.

Recommandation n° 5 : Charger la direction générale des entreprises d'élaborer et de diffuser un guide de promotion de l'internet des objets auprès des petites et moyennes entreprises (PME) et des entreprises de taille intermédiaire (ETI) industrielles, tourné vers les gains de productivité et l'amélioration de l'offre de services.

Recommandation n° 6 : Encourager les opérateurs de télécommunications et les entreprises qui déploient des réseaux bas débit à créer des partenariats avec les organisations agricoles les plus importantes pour accompagner l'offre de services et d'équipements agricoles connectés de la garantie d'une connectivité performante.

Recommandation n° 7 : Le Gouvernement devrait encourager les grands acteurs français de l'internet des objets (opérateurs de réseaux, équipementiers) rejoindre l'Alliance européenne pour l'innovation de l'internet des objets (AIOTI), composée de grandes entreprises et lancée par la Commission européenne, pour faire valoir les intérêts français en matière de standardisation des normes et d'interopérabilité des objets connectés.

Recommandation n° 8 : Inciter l’Institut français du design, qui remet chaque année de nombreux prix Janus pour promouvoir le design français dans l’industrie, à créer un prix pour le design d’objets connectés dans chaque grande catégorie de prix (industrie, santé, cité, service, commerce).

Recommandation n° 9 : Faire évoluer le code de la consommation pour prévoir que les opérateurs de services aux personnes par l’intermédiaire d’objets connectés sont tenus de délivrer à ces personnes une information loyale, claire et transparente sur les conditions générales d’utilisation de ces services, portant notamment sur le recueil et l’éventuelle exploitation commerciale de données individuelles.

Recommandation n° 10 : Les collectivités publiques déployant des services connectés pour améliorer la vie citadine devraient associer les citoyens à chaque étape de ce déploiement et encourager l’appropriation des outils publics par les initiatives citoyennes au travers d’une politique dynamique d’ouverture des données.

Recommandation n° 11 : Inventer les termes d’une régulation politique agile qui associe les compétences de plusieurs autorités indépendantes (CNIL, ARCEP, voire CSA) et l’expertise d’organisations spécialisées comme le Conseil national du numérique au sein d’équipes de régulation ad hoc.

Recommandation n° 12 : Adapter les actions de médiation numérique et de formation aux outils du numérique à l’arrivée de l’internet des objets, dans une perspective de maintien de l’accessibilité du service public.

Recommandation n° 13 : Développer une stratégie *e-santé* de prévention à destination des populations fragiles ou particulièrement exposées à des risques sanitaires. Les objets connectés qui participent de cette politique de prévention pourraient être au moins partiellement pris en charge par la Sécurité sociale.

Recommandation n° 14 : Inciter les universités à développer des formations de sciences de la donnée.

Recommandation n° 15 : Engager une évaluation des sociétés d’accélération du transfert des technologies (SATT) et des dispositifs similaires de transferts de technologies pour davantage valoriser économiquement les produits de la recherche publique.

Recommandation n° 16 : Garantir une stabilité réglementaire et fiscale pour les opérateurs qui souhaiteront investir dans des infrastructures 5G en France, par souci de sécurité juridique et d’incitation vertueuse à l’investissement. En particulier, les réglementations en matière d’urbanisme et la fiscalité des stations radioélectriques (IFER) ne devraient pas évoluer dans un sens qui découragerait un déploiement rapide de cette nouvelle génération de réseaux, dont les retombées économiques seront très bénéfiques pour le pays.

Recommandation n° 17A – Mme Laure de La Raudière : Supprimer l’impôt de solidarité sur la fortune pour encourager l’impatriation des capitaux et améliorer l’attractivité fiscale de la France.

Recommandation n° 17B – Mme Corinne Erhel : Réformer l’impôt de solidarité sur la fortune pour le rendre plus favorable à l’investissement dans l’innovation et dans le risque.

Recommandation n° 18 : Créer un label pour les produits financiers qui contribuent au financement de la transformation numérique.

Recommandation n° 19A – Mme Corinne Erhel : Reconnaître le principe d’innovation dans la Constitution, au même niveau que le principe de précaution.

Recommandation n° 19B – Mme Laure de La Raudière : Reconnaître le principe d’innovation dans la Constitution, en substitution au principe de précaution.

Recommandation n° 20 : Les chambres consulaires, accompagnées par les services de l’État, doivent élaborer des kits de formation pour la transition numérique à destination de leurs adhérents.

LISTE DES PERSONNES AUDITIONNÉES PAR LES RAPPORTEURES

Jeudi 3 mars 2016

M. Éric Guichard, sociologue (visioconférence)

Mme Laurence Allard, maître de conférences chercheuse à l'IRCAV-Paris 3-Sorbonne Nouvelle et enseignante à Lille 3, sociologue des usages numériques

Cabinet Xerfi

M. Flavien Vottero, directeur d'études (téléconférence)

Mercredi 9 mars 2016

Orange

M. Luc Bretones, directeur du Technocentre

M. Laurentino Lavezzi, directeur des affaires publiques

Mme Florence Chinaud, directrice des relations institutionnelles

Objenious, filiale de Bouygues Telecom

M. Stéphane Allaire, président-directeur général d'Objenious

M. Anthony Colombani, responsable des affaires publiques de Bouygues Telecom

Mercredi 30 mars 2016

Orange Lab

Mme Hélène Jeannin, sociologue

Mme Anne Sylvie Pharabod, sociologue

M. Moustapha Zouinar, sociologue

Mme Claire Chalvidant, responsable des affaires publiques

Mercredi 4 mai 2016

Nokia-Alcatel-Lucent

M. Marc Charrière, en charge des affaires publiques Nokia

M. Gilbert Marciano, directeur du marketing France/Nokia

Conseil national du numérique

Mme Christine Balagué, vice-présidente

Jeudi 12 mai 2016

La Poste

Mme Muriel Barneoud, président-directeur général de Docapost (Groupe La Poste)

Mme Joëlle Bonnefon, déléguée aux relations parlementaires

M. Philippe Régnard, responsable des relations institutionnelles de la branche numérique

Mercredi 18 mai 2016

Eutelsat

Mme Roberta Campo, chef de projet à la direction de l'innovation

Mme Alexandra Pocholle, responsable des affaires institutionnelles France

M. Jean-Hubert Lenotte, directeur de la stratégie

Renaissance numérique

Mme Camille Vaziaga, déléguée générale de Renaissance Numérique

Mme Marine Pouyat, membre du conseil d'administration du think tank

Mercredi 15 juin 2016

Union européenne

M. Pascal Rogard, conseiller Télécommunications à la représentation permanente de la France

M. Mario Filipe Campolargo, directeur à la DG Cnect, Commission européenne

Huawei

M. le Professeur Merouane Debbah, directeur du laboratoire Mathématiques (Algorithm & software design/ Parallel computing) de Huawei France Research Center

M. Philippe Perrin, directeur général adjoint de Huawei France

M. Pierre-Frédéric Degon, responsable des affaires publiques de Huawei France

SNCF Digital

M. Yves Tyrode, directeur Digital et Communication

M. Raphaël Viard, directeur des technologies du digital

Mme Laurence Nion, conseillère parlementaire du groupe

Mercredi 20 juillet 2016

West Electronic Network

M. Sébastien Rospide, directeur

Whitings

M. Eric Carreel, ex président directeur général de Withings et responsable du plan « objets intelligents » de l'Industrie du futur

Coop de France

M. Bruno Prépin, délégué général d'Agroedieurope

Mme Barbara Mauvilain-Guillot, responsable des relations publiques *

** Ces représentants d'intérêts ont procédé à leur inscription sur le registre de l'Assemblée nationale, s'engageant ainsi dans une démarche de transparence et de respect du code de conduite établi par le Bureau de l'Assemblée nationale.*