



Illustration conceptuelle d'une « maison intelligente »
© TAlax/Adobe Stock

Résumé

- *Progressivement, les objets connectés vont être utilisés dans tous les secteurs économiques (industrie, santé, vente, etc.).*
- *Par exemple, l'usage de capteurs connectés communiquant, en temps réel, des données sur l'état du réseau ferroviaire (état des caténaires, température des rails, etc.) permettra bientôt à la SNCF de prédire les opérations de maintenance à effectuer.*
- *Les objets connectés sont donc porteurs de nombreuses promesses. Ils posent néanmoins d'importants défis technologiques et sociétaux.*

M. Didier Baichère, Député, Vice-président

■ Le contexte

Les objets connectés existent depuis de nombreuses années (signalisation à distance, capteur de pression à l'entrée des parkings, etc.). Ces objets, qui étaient auparavant limités, se sont récemment perfectionnés et multipliés si bien que l'on parle maintenant de l'« internet des objets » (*Internet of things – IoT*).

Cela s'explique par les progrès réalisés dans l'électronique, les télécommunications, le traitement des données, ou encore par la capacité de calcul disponible dans le « nuage » (*cloud*). De ce fait, les objets connectés ne sont donc plus de simples capteurs : ils fonctionnent au sein de réseaux et peuvent créer, communiquer, agréger, analyser et agir sur des données. Ces améliorations se sont accompagnées d'une baisse significative du coût de ces technologies.

Aussi le secteur de l'internet des objets devrait-il prendre une grande ampleur. En effet, les investissements dans les technologies correspondantes sont colossaux (à l'échelle mondiale, l'équivalent de 700 milliards d'euros y ont été investis en 2017) et le nombre d'objets connectés dans le monde devrait exploser rapidement selon les spécialistes du secteur ⁽¹⁾ (plusieurs dizaines de milliards en 2020).

■ Tous les secteurs sont impactés

Quelques repères :

1999 : L'expression internet des objets est créée pour désigner l'usage de radio-étiquettes « RFID » (*Radio Frequency IDentification*), dans le but d'identifier des biens dans une chaîne de distribution et de transmettre l'information par internet.

2008 : Les travaux de spécification et de standardisation de l'internet des objets débutent.

2017 : 90 % des données dans le monde ont été créées depuis 2015. Plusieurs facteurs expliquent ces volumes massifs de données générés (*Big Data*), l'un étant l'usage de plus en plus répandu des objets connectés.

2020 : Le nombre d'objets connectés pourrait osciller entre 30 et 80 milliards selon les experts.

L'internet des objets touche tous les secteurs d'activité : transport, santé, logement, industrie, vente, services publics, etc. Par exemple, les technologies concernées sont utilisées pour faciliter la maintenance des équipements industriels, rationaliser l'usage des intrants utilisés en agriculture ou mesurer la qualité de l'air des métropoles.

Malgré la couverture médiatique dont il bénéficie, le marché grand public n'a pas atteint le même degré de maturité. Au vu de leur prix, de leur durée d'intérêt ou encore de leur obsolescence rapide, la valeur ajoutée des objets connectés actuels n'apparaît pas évidente aux consommateurs. Se distinguent, néanmoins, les objets connectés liés à la santé et au bien-être, qui connaissent le plus grand succès.

■ L'exemple de la maintenance prédictive

À ce jour, la maintenance prédictive est une des applications les plus probantes de l'internet des objets. Notamment utilisée dans l'industrie, elle s'appuie sur des réseaux de capteurs sans fil (RCSF).

Les capteurs des RCSF sont disposés à des endroits stratégiques des objets à surveiller (infrastructures, chaîne de production, etc.). Tous ces capteurs connectés recueillent d'importants volumes de données, dont l'analyse permet de prédire de manière localisée des dysfonctionnements, et ainsi d'anticiper des interventions de maintenance.

À titre d'exemple, un RCSF composé de 64 capteurs connectés a été mis en place pour surveiller, à distance, les propriétés mécaniques du *Golden Gate Bridge* de San Francisco. Les vibrations mesurées chaque millièmètre de seconde par chaque capteur sont analysées au regard du modèle mécanique théorique du pont, afin de prédire des anomalies éventuelles. La mise en place de ce RCSF permet donc d'assurer la sécurité du pont à un faible coût, de manière fiable et sans interférer avec son exploitation.

■ Des enjeux économiques considérables

L'internet des objets est un enjeu économique de premier plan. Le cabinet AT Kearney estime que, grâce à la vente et à l'usage des objets connectés, la création de valeur pour l'Union européenne s'élèverait à environ mille milliards d'euros en 2025 ⁽²⁾ :

- 80 milliards d'euros seraient générés par le marché des objets connectés en lui-même ;
- 210 milliards d'euros seraient économisés par la réduction des risques de santé et générés par le gain de temps dans la vie quotidienne des individus, réemployés dans des tâches productives ;
- le pouvoir d'achat des citoyens européens pourrait augmenter de 300 milliards d'euros, notamment en raison d'une meilleure maîtrise de leurs dépenses d'énergie ;
- 430 milliards d'euros seraient dus à l'augmentation de la productivité dans les entreprises.

■ Le risque de captation de valeur

L'intérêt de l'objet connecté réside avant tout dans les données qu'il génère, celles-ci étant nécessaires à la mise en place de services. En particulier, la capacité à

faire fonctionner ensemble des réseaux d'objets connectés conçus pour des applications différentes est essentielle, la mise en relation des données de ces réseaux pouvant donner lieu à des solutions à haute valeur ajoutée économique.

Néanmoins, il existe des centaines de standards de communication applicables à l'internet des objets. Pour permettre d'agréger les données générées par des réseaux d'objets connectés divers et pour permettre leur interaction d'une manière simple et standardisée, des plates-formes tendent donc à émerger. Celles-ci seront un élément clé de l'interopérabilité des objets connectés.

Le risque pour la France est donc que les acteurs économiques qui parviendront à imposer leur plate-forme en attirant concepteurs d'objets connectés, prestataires de services associés, développeurs d'applications, utilisateurs, etc. soient des entreprises étrangères. Celles-ci capteraient alors systématiquement une partie de leur valeur ajoutée.

■ Des effets incertains sur l'emploi

L'internet des objets pourrait permettre à la France de produire davantage de solutions technologiques à haute valeur ajoutée, favorisant ainsi l'emploi industriel. Par exemple, un fabricant d'enceintes haut de gamme a pu s'implanter en France et y créer des emplois, du fait de la forte automatisation de son usine. En revanche, l'optimisation des chaînes de production grâce aux objets connectés s'est aussi accompagnée d'importants plans de licenciement en Chine.

Ainsi, ici comme ailleurs, les emplois nécessitant peu de qualifications risquent d'être les plus affectés, tandis qu'un besoin accru de main-d'œuvre est attendu dans le domaine des technologies de l'information et de la supervision des équipements industriels.

Outre les disparités socio-professionnelles, l'internet des objets pourrait creuser les effets de la fracture numérique et favoriser, économiquement parlant, les régions les mieux connectées. Sous cet angle comme sous beaucoup d'autres, il convient donc d'accompagner le développement du très haut débit sur l'ensemble du territoire national.

■ Les enjeux énergétiques

Certaines applications de l'internet des objets doivent permettre d'optimiser la consommation d'énergie et la gestion des ressources énergétiques et naturelles.

Par exemple, le principe du réseau électrique intelligent – REI (*smart grid*) – est de surveiller, de manière précise, l'état du réseau de distribution d'électricité (puissances consommées et transitées, courants, etc.) et l'état de fonctionnement des équipements (température des transformateurs, etc.).

Cette surveillance s'appuie sur l'usage de nombreux objets connectés tout le long du réseau, tels que des compteurs numériques « haute tension », des transformateurs connectés ou des compteurs domestiques communicants. Cet usage permet ainsi d'optimiser la production d'électricité en fonction de la demande (ce qui induit des économies d'énergie et un meilleur service) et d'assurer une maintenance plus efficace du matériel du réseau.

Aux extrémités des REI, les bâtiments intelligents utiliseront, eux aussi, les objets connectés. Ils seront équipés d'éclairage intelligent, de systèmes de contrôle des flux d'air connectés ou de thermostats intelligents.

Ces avancées sont un enjeu majeur pour la France, le secteur du bâtiment représentant plus de 45 % de la consommation nationale d'énergie finale et de l'ordre de 25 % des émissions de gaz à effet de serre ⁽³⁾.

Paradoxalement, si certaines applications de l'internet des objets vont ainsi tendre à réduire la consommation énergétique, la consommation électrique due aux objets connectés et à leurs centres de données (*data centers*) devient de plus en plus importante.

■ Une source de déchets électroniques

De manière analogue au marché des terminaux de poche (*smartphones*), se pose la question de la durée de vie et de l'obsolescence programmée des objets connectés : certains objets connectés sont perçus comme des gadgets et ont une faible durée d'utilisation, d'autres sont conçus sans système de mise à jour logicielle. Ainsi, au vu de l'explosion attendue du nombre d'objets connectés, ceux-ci pourraient être une source massive de déchets électroniques.

■ Les enjeux de santé publique

Les objets connectés de santé sont porteurs de nombreuses promesses : télémédecine, dépistage en temps réel, etc. C'est pourquoi les objets connectés « grand public » portatifs (les *wearables*) sont particulièrement populaires. Ils permettent d'automatiser certaines de nos données physiologiques et d'apporter des solutions pour améliorer notre santé, notre bien-être ou nos performances physiques. Ces solutions sont plus ou moins complexes, allant de la mise en place d'un programme personnalisé au soulagement du problème. Par exemple, le bandeau « Dreem » module l'activité cérébrale de son porteur à l'aide d'ondes sonores pour améliorer la qualité du sommeil profond de son utilisateur.

Cette automesure connectée (*quantified self*) constante doit permettre la médecine prédictive. Il n'est plus question d'aller chez le médecin seulement une fois malade : l'interprétation des données mesurées doit permettre d'anticiper ou de prendre en charge

rapidement des problèmes de santé et, en parallèle, de réaliser d'importantes économies.

En outre, l'usage d'objets connectés de santé, voire de médicaments connectés (un premier médicament connecté a déjà été commercialisé aux États-Unis), pourrait, sur le long terme, conduire à des évolutions profondes de la prise en charge des problèmes de santé. Si, aujourd'hui, prendre un médicament connecté induit une action éphémère sur le corps (toute trace du médicament étant éliminée à terme), demain il est probable que nous serons connectés de manière permanente, par exemple *via* des implants-capteurs surveillant notre santé.

Le département du Loiret a créé un dispositif d'accompagnement et de protection des bénéficiaires de l'allocation personnalisée d'autonomie (APA), reposant sur la technologie de connexion bas débit d'une entreprise française ⁽⁴⁾. Avec un coût et une consommation d'énergie minimales, les bénéficiaires et leurs familles peuvent accéder à l'ensemble des données en temps réel *via* un portail social.

Les objets connectés de santé ne sont pas tous portatifs : ainsi les cabines de santé (télémédecine), dont certaines comportent plus de dix capteurs de mesure connectés et permettent une visioconférence avec le médecin ⁽⁵⁾.

■ De multiples enjeux sociaux

L'internet des objets soulève de nombreux enjeux sociaux, dont le premier est l'acceptabilité de ces technologies. L'acceptabilité sociale d'un objet connecté dépend de multiples critères : le secteur d'utilisation et les applications permises par l'objet, le périmètre d'utilisation de l'objet (collectif ou domestique), le caractère imposé ou volontaire de l'usage de l'objet, la nature de l'intrusion de l'objet (nominative, personnelle ou statistique), la nature de l'interaction de l'utilisateur avec l'objet (utilisateur passif ou actif), etc. La bonne prise en compte de l'acceptabilité sociale des objets connectés utilisés dans le cadre de projets publics est essentielle pour éviter les situations de tension telles que les « frondes anti compteurs communicants Linky » ⁽⁶⁾.

Outre l'acceptabilité, l'usage même des objets connectés appelle de nombreuses questions d'ordre social ⁽⁷⁾. Dans un sens, les objets connectés peuvent être créateurs de liberté. Par exemple, les données collectées par les REI pourraient favoriser l'autonomisation des clients du réseau s'il était décidé que ces données leur soient remises afin qu'ils puissent optimiser leur consommation d'électricité. Les objets connectés peuvent néanmoins être créateurs de contraintes. Un manque de recul sur les diagnostics d'un objet connecté de santé peut, par exemple, inciter l'utilisateur à se conformer à une norme non néces-

sairement pertinente : les podomètres connectés incitent leurs utilisateurs à faire « 10 000 pas par jour », bien qu'aucune étude scientifique n'en atteste le bienfait.

On peut aussi se demander si les objets connectés sont créateurs de lien social ou d'inégalités. Si, d'une part, les technologies de l'internet des objets peuvent aider à réguler des questions sociales complexes (embouteillages, etc.) en s'appuyant sur le concours de chacun, l'usage des objets connectés peut aussi être générateur d'exclusion. En effet, il accentue la fracture numérique de « second degré », au détriment de certaines personnes âgées qui peuvent éprouver plus de difficultés à utiliser ces technologies.

Enfin, les objets connectés « grands publics » produisent de grandes quantités de données personnelles. Les possesseurs d'objets connectés n'en sont pas nécessairement conscients, si bien qu'ils ne mesurent pas pleinement les risques auxquels ils s'exposent. Ils n'ont pas toujours connaissance des risques de piratage, du destinataire avec qui ils partagent leurs données, de l'usage ultérieur que celui-ci peut en faire et des conséquences pour leur vie privée – voire leur liberté individuelle.

Sur ce sujet sensible de la protection des données personnelles, le nouveau règlement général sur la protection des données (RGPD), qui entre en vigueur le 25 mai 2018, apporte des améliorations significatives, en permettant aux utilisateurs de mieux maîtriser leurs données personnelles.

La loi française protège également les citoyens. Par exemple, contrairement à une idée largement répandue, les codes des assurances et de la mutualité interdisent aux assureurs de moduler leur tarification par des malus en fonction de l'état de santé de chaque client. Seuls sont permis par le code de la sécurité sociale des programmes de prévention au moyen de bonus.

PÉNÉTRATION DES OBJETS CONNECTÉS DANS LES FOYERS FRANÇAIS

Objet connecté	Français équipés	
	en 2016	en 2017
Télévision	22 %	29 %
Dispositif de sécurité	5 %	12 %
Montre	6 %	11 %

Source : OpinionWay (1 070 sondés, marge d'incertitude entre 2 et 3 %).

Un sondage ⁽⁸⁾ réalisé en mars 2017 par OpinionWay montre que les Français s'équipent de plus en plus d'objets connectés et en ont donc une meilleure compréhension. Ainsi, ils saisissent mieux les avantages liés à l'usage de ces objets (surveillance à distance du logement, suivi de l'état de santé...), de

même que les risques associés : en 2017, 42 % des sondés se déclaraient inquiets par la collecte de leurs données contre 33 % en 2016.

■ De nombreux défis technologiques à relever

Une des contraintes technologiques les plus critiques lors de la conception d'un objet connecté demeure la gestion de l'énergie ⁽⁹⁾. Par exemple, certains RCSF nécessitent que des objets connectés travaillent de manière autonome pendant plusieurs mois sans aucune recharge. Ces objets connectés sont souvent très compacts (de manière à pouvoir être installés partout) et embarquent donc des batteries de petite taille. La R&D est donc essentielle dans les domaines des technologies de production, de stockage et de gestion de l'énergie des systèmes embarqués (batteries, systèmes de « récolte d'énergie », etc.).

En outre, avec l'internet des objets, l'exploitation de lacunes de sécurité pourrait nuire d'une manière nouvelle, les attaques informatiques pouvant avoir un impact sérieux sur le monde réel ; des chercheurs ont ainsi été capables de prendre le contrôle à distance de certains modèles de voitures connectées.

En plus d'être des cibles, les objets connectés peuvent être utilisés pour participer à des attaques d'autres systèmes d'information. Ainsi en 2016, l'hébergeur de sites OVH a été frappé pendant cinq jours par une attaque massive impliquant 145 607 caméras connectées piratées.

La réglementation européenne incite les fabricants à concevoir des objets connectés sécurisés, qui produisent et transmettent le strict minimum de données. Pour autant, les standards de conception assurant la sécurité informatique des technologies de l'internet des objets ne sont pas encore généralisés. Les défauts de sécurisation des réseaux d'objets connectés sont pourtant des risques majeurs et une attention particulière doit y être prêtée.

Enfin, le spectre hertzien – soit l'ensemble des fréquences sur lequel les systèmes de radiocommunications peuvent opérer – est aujourd'hui saturé. L'optimisation de l'utilisation du spectre par des dispositions réglementaires et des solutions technologiques constitue un élément clé du développement des objets connectés, à l'heure de l'explosion prévisible de leur nombre.

Sites Internet de l'Office :

<http://www.assemblee-nationale.fr/commissions/opecest-index.asp>
<http://www.senat.fr/opecest/>

Références

- (1) « Le marché des objets connectés (quelques chiffres) », Correspondant informatique et libertés du CNRS, 7 septembre 2015 : <http://www.cil.cnrs.fr/CIL/spip.php?article2760>
- (2) « The Internet of Things: A New Path to European Prosperity », AT Kearney, janvier 2016 : http://www.atkearney.fr/paper/-/asset_publisher/dVxv4Hz2h8bS/content/the-internet-of-things-a-new-path-to-european-prosperity/10192
- (3) Une note scientifique de l'Office est en préparation sur « La rénovation énergétique des bâtiments ».
- (4) Sigfox : <https://www.sigfox.com/en>
- (5) La Consult Station de la société française Health for Development (H4D).
- (6) Voir les tables rondes sur « Les enjeux des compteurs communicants » conjointement organisées, le 14 décembre 2017, par l'OPECST et la commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale.
- (7) Ce développement reprend l'argumentaire du point II.B de la première partie du rapport d'information n° 4362 du 10 janvier 2017 sur les objets connectés présenté par Mmes Corinne Erhel et Laure de La Raudière pour la commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale.
- (8) Les Français et les objets connectés, OpinionWay pour DistreeConnect, mars 2017 : <https://www.opinion-way.com/fr/sondage-d-opinion/sondages-publies/marketing/opinionway-pour-distreeconnect-2017-les-francais-et-les-objets-econnectes-mars-2017.html>
- (9) Conférence « Les fréquences au service de l'individu », ANFR, 27 novembre 2014 : https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/Actualites/Les_actes_-_Conference_2014.pdf

Experts scientifiques consultés

Membres du conseil scientifique de l'Office :

M. Stéphane MANGIN, professeur de physique, université de Lorraine, institut Jean Lamour – CNRS, membre de l'institut universitaire de France

Mme Virginie TOURNAY, directrice de recherche au CNRS, centre de recherches politiques de Sciences Po (CEVIPOF)

Autres experts consultés :

M. Dimitri CARBONNELLE, fondateur de Livosphere, expert en internet des objets et en intelligence artificielle auprès de la direction générale des entreprises du ministère de l'économie et des finances (DGE - plan objets intelligents) et de la Banque publique d'investissements (BPI)

M. Ludovic LE MOAN, directeur général (CEO) et cofondateur de Sigfox

M. Christian LICOPPE, professeur de sociologie des technologies d'information et de communication, Télécom ParisTech

M. Hugo MERCIER, cofondateur de Rythm (une société spécialisée dans les objets connectés de santé)