

L'Internet des objets : concept ou réalité ?

L'Internet des objets est une extension de l'Internet actuel à tous les objets pouvant communiquer de manière directe ou indirecte avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à l'Internet. Cette nouvelle dimension de l'Internet s'accompagne de forts enjeux en matière technologique, économique, sociétale et de gouvernance.

par Mathieu WEILL* et Mohsen SOUISSI**

QUE RECOUVRE LE VOCABLE « L'INTERNET DES OBJETS » ?

L'« Internet des objets » (IdO) est un paradigme relativement récent et malgré l'adoption assez large de ce vocable, force est de constater que selon les communautés impliquées, il peut y avoir des acceptions assez différentes avec des critères plus ou moins restrictifs. A titre d'exemple, en lisant leurs documents respectifs, on peut mesurer le fossé existant entre, d'un côté, la branche de standardisation EPCglobal (1) du secteur de la logistique (*via* l'organisation mondiale GS1 (2)), pour laquelle les solutions RFID (*Radio-Frequency Identification*) constituent le socle de l'IdO et, de l'autre, l'IPSO Alliance (3), qui est plus proche des acteurs actuels de l'Internet et pour qui, schématiquement, si un objet ne « parle pas le protocole IP », il n'a pas sa place dans l'IdO. Cette dernière assertion est d'ailleurs relayée par d'autres voix (comme on pourra le constater à la lecture des trois articles référencés en notes de bibliographie [4], [5] et [6]).

C'est pourquoi nous tenterons de proposer d'emblée la définition générale suivante : « *L'Internet des Objets est une extension de l'Internet actuel à tous les objets pouvant communiquer, de manière directe ou indirecte, avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à l'Internet* ». Cette définition « œcuménique » trouvera son intérêt plus loin dans cet article, lorsqu'il s'agira de concilier des technologies qui n'ont presque pas de propriétés en commun, mais dont chacune se réclame dudit IdO.

L'Internet tel que nous le connaissons aujourd'hui connecte des machines variées, qui vont de l'ordinateur à des équipements électroniques de plus en plus petits, « intelligents » et portatifs pour la plupart (téléphones, assistants personnels...). Or, avec le développement de technologies comme la RFID et les réseaux de capteurs (4), toute une génération d'objets présents à la fois dans le monde professionnel et dans la vie quotidienne (palettes de produits, biens de consommation, vêtements, cartes de crédit, capteurs de température, de pression, etc.) frappe à la porte de l'« Internet de demain ». Outre la RFID et les réseaux de capteurs, il faut prendre en considération des solutions émergentes souvent baptisées « *Machine-to-Machine* » (M2M) et s'appuyant sur des concepts relativement différents, mais qui se réclament eux aussi, dans une certaine mesure, de l'IdO. Notre définition, citée plus haut, s'y applique aisément.

L'IdO n'en est qu'à ses prémises, mais il est une certitude : le nombre potentiel de ces nouveaux éléments du réseau lance un défi majeur à l'architecture de l'« Internet du futur » et pose des questions déterminantes, auxquelles nous nous efforcerons d'apporter des

* Directeur Général AFNIC.

** Responsable R&D, AFNIC.

(1) <http://www.epcglobalinc.org/>

(2) <http://www.gs1.org/>

(3) <http://www.ipso-alliance.org/Pages/Front.php>

(4) http://en.wikipedia.org/wiki/Sensor_network

réponses dans cet article, sans avoir la prétention d'en faire le tour. Pour ce faire, nous nous focaliserons, dans cet article, sur quatre familles d'enjeux : les enjeux technologiques, les enjeux économiques, les enjeux sociétaux et, enfin, les enjeux en matière de gouvernance.

UN FOISONNEMENT DE TECHNOLOGIES

Quelles propriétés une puce RFID et un capteur peuvent-ils avoir en commun ? Presque aucune, si ce n'est, peut-être, le fait d'être de petite taille, d'être identifiables et/ou localisables. Des types d'objets, comme les puces RFID ou les capteurs, sont considérés comme des objets de l'Internet dès lors qu'ils sont visibles/connectés via/à l'Internet. Mais quelles propriétés doit-on vérifier, pour savoir si un objet est éligible ou non à la qualité d'« objet de l'Internet » ? Pour simplifier, en nous basant sur la définition proposée ci-dessus pour l'IdO, on peut retenir les deux propriétés suivantes : d'une part, il doit s'agir d'un objet qui soit muni de faibles capacités et d'une intelligence limitée (5) et, d'autre part, cet objet doit être visible sur l'Internet, soit directement (en y étant connecté), soit indirectement (en communiquant *via* un équipement (6) connecté à Internet).

En prenant simplement en considération ces deux propriétés, on peut déjà constater la diversité des technologies existantes et ce, d'autant plus qu'elles en sont à des stades de maturité très variables. Ces technologies se distinguent par les usages prévus, les infrastructures et les protocoles de communication (filaire, radio, satellite), la portée (courte, moyenne, longue), le niveau d'intelligence et d'autonomie des objets impliqués (capacité, puissance/autonomie), la possibilité ou non de s'intégrer directement à un environnement IP et la nature du processus de normalisation (ouvert, propriétaire, global ou localisé à une région ou à un pays donné...).

Prenons le temps ici d'examiner deux exemples de familles de technologies émergentes pour illustrer cette diversité.

Le premier exemple concerne la RFID. Il s'agit, à la base, de l'identification par radiofréquences d'objets

munis de puces RFID, mais aussi de la lecture/écriture de données embarquées dans cette puce, comme, par exemple, l'identifiant unique au format EPC (*Electronic Product Code*) de celle-ci. La RFID est aujourd'hui davantage utilisée chez les industriels, dans le domaine de la logistique et des chaînes d'approvisionnement, que dans d'autres secteurs. Il est toutefois probable que des solutions émergentes toucheront de plus en plus le consommateur final, à l'instar des lecteurs de codes-barres déjà intégrés aux différents modèles de *smart-phones*.

Deux types de puces RFID existent : les puces actives, capables de communiquer avec leur environnement en toute autonomie (7) (grâce à une batterie) et les puces passives (qui ont besoin de recevoir ponctuellement de l'énergie électromagnétique pour pouvoir communiquer). Selon la bande de fréquence utilisée et la manière dont la puce a été intégrée à l'objet, leur portée peut varier de quelques centimètres (8) à plusieurs mètres (9).

Plusieurs organismes de standardisation président à la production des RFID ; on peut citer notamment GS1/EPCglobal, pour l'industrie de la logistique, et l'ISO, avec ses nombreuses publications [9] qui concernent surtout la couche de communication radio (l'*interface air*). Cela, sans compter les solutions propriétaires, comme les fameux « Nabaztag » et « Mir:ror » de Violet (10) et le « Touchatag », d'Alcatel-Lucent (11) ! Une opération de lecture sur une puce RFID peut déclencher des actions diverses dépendant de l'environnement technologique spécifique. Par exemple, en présence d'un service ONS (*Object Naming Service*) (12), cette opération peut se traduire par une consultation de « catalogue » sur Internet visant à obtenir des informations sur *l'emballage étendu* (13) (« *extended packaging* ») de la classe du produit identifié. Dans un environnement plus dynamique (14), ces opérations peuvent déclencher des mises à jour en temps réel en matière de suivi de la position de l'objet (*tracking*) et/ou de sa traçabilité/historique (*tracing*). Toujours dans cette famille de solutions RFID, on peut noter l'émergence de la *communication en champ proche* (15) (*Near Field Communication*, NFC), combinaison d'une carte à

(5) Autrement dit, pas un ordinateur ni un quelconque équipement électronique sophistiqué capable de se connecter tout naturellement à l'Internet en toute autonomie.

(6) Cela peut être typiquement un lecteur RFID ou une passerelle assurant la communication avec un point où convergent les collectes de mesures (dans le cas de réseaux de capteurs).

(7) Ces puces sont typiquement couplées avec un module GPS pour la géo-localisation et un module de communication sans fil (3G, 2G, Wi-Fi, satellite...). Leur coût de production est relativement élevé (plusieurs dizaines d'euros), par rapport au coût de production des puces passives (qui s'élève à quelques centimes d'euros seulement).

(8) On parle alors de champ proche (*near field*) utilisé dans les solutions sans contact (NFC).

(9) C'est typiquement le cas des stations de télépéage des autoroutes.

(10) <http://www.violet.net/>

(11) <http://www.touchatag.com/>

(12) L'ONS est un standard GS1 dérivé directement du DNS. Il permet de stocker et de servir des enregistrements de données correspondant aux objets. Une application qui interroge un serveur ONS sera aiguillée (après un parcours d'arbre, à la manière du DNS) vers les ressources désirées associées à l'objet en question. Par exemple, cette application peut être aiguillée vers une page Web décrivant l'objet.

(13) Il s'agit là d'informations plutôt statiques publiées à la manière du DNS.

(14) En complément de l'ONS, on peut citer l'EPC-IS et les « *Discovery Services* » comme étant des services plutôt « dynamiques » de la suite GS1 appelée « réseau EPC » : http://www.gs1.fr/index.php/gs1_fr/standards_gs1__1/epc_rfid/le_reseau_epc/nos_documents/plaquette_le_reseau_epcglobal

(15) http://fr.wikipedia.org/wiki/Communication_en_champ_proche

puce et d'un lecteur RFID à courte portée. Le second exemple concerne une autre famille de solutions conçues autour des réseaux de capteurs. Ces derniers ont connu ces dernières années un grand engouement. En effet, ils promettent des usages très variés répondant à des besoins spécifiques en matière d'économies d'énergie, de fiabilité des mesures et d'efficacité des traitements, de sécurité physique ou, tout simplement, de confort. Parmi leurs domaines d'application, on peut citer, par exemple, l'habitat intelligent, les mesures de température, de pression, les relevés pluviométriques (en météorologie), les mesures de densité du trafic automobile, la maîtrise de l'éclairage public, l'optimisation de la gestion des conteneurs à recyclage, sans oublier de multiples usages possibles dans le domaine de la santé.

C'est l'union qui fait la force : ces capteurs d'un coût unitaire assez faible et dotés de capacités mémoire et de réserves d'énergie très faibles doivent être déployés en grand nombre si l'on veut disposer d'une intelligence de groupe suffisante et répondre aux besoins susmentionnés.

Les réseaux de capteurs constituent également un domaine technique et scientifique qui souffre d'une multiplicité de pratiques en matière de standardisation. Il est difficile de pouvoir constituer un socle standard qui soit commun à l'ensemble des produits en compétition, et il l'est encore plus de garantir l'interopérabilité entre les solutions existantes et celles restant à venir. Toutefois, on peut relever certaines initiatives encourageantes prises par certains acteurs de la standardisation en vue d'obtenir de plus en plus de solutions interopé-



© Gilles Rolle/REA

« L'identification par radiofréquences d'objets munis de puces RFID est aujourd'hui davantage utilisée chez les industriels dans le domaine de la logistique et des chaînes d'approvisionnement, que dans d'autres secteurs ». *Emballages en carton ondulé intégrant une puce RFID au premier salon de la traçabilité, à Paris, le 28 janvier 2004.*

rables. On peut citer, à cet égard, par exemple, le standard IEEE 802.15.4 (16) pour la couche physique (MAC) et l'initiative de la Zigbee-Alliance (17), qui propose un protocole de communication sans fil à consommation réduite pour les réseaux à dimension personnelle (WPANs) qui visent à faire communiquer entre eux les différents objets qui se situent dans notre voisinage corporel immédiat. Enfin, au niveau de la couche IP, l'IETF (*Internet Engineering Task Force*) (18), l'organisme mondial de standardisation des protocoles de l'Internet, a été particulièrement productif ces dernières années, avec les protocoles et solutions proposés par les groupes de travail suivants :

- *6lowpan* (IPv6 over Low Power WPAN) (19) [11] [12] ;
- *roll* (*Routing over Low Power Lossy Networks*) (20) [16] [17] [13] [14] ;
- *core* (*Constrained RESTful Environments*) (21).

UN MODÈLE ÉCONOMIQUE FAVORABLE AUX EFFETS DE RÉSEAUX

Face à ce foisonnement technologique, les paramètres économiques joueront très vraisemblablement un rôle structurant dans la sélection de l'option gagnante (ou des options gagnantes).

Le paramètre économique le plus évident est bien entendu le coût unitaire des puces ou des capteurs appelés à se diffuser sur chaque type d'objet. Comme

(16) <http://www.ieee.org/>

(17) <http://www.zigbee.org/>

(18) <http://www.ietf.org/>

(19) <http://datatracker.ietf.org/wg/6lowpan/>

(20) <http://datatracker.ietf.org/wg/core/>

(21) <http://datatracker.ietf.org/wg/roll/>

dans le cas de tout objet appelé à une diffusion de masse, ce prix est bien entendu lui-même fonction du volume produit, et donc du succès commercial rencontré, et s'établit d'ores et déjà parfois à quelques centimes d'euros seulement.

Ces conditions sont assez proches, tant du point de vue du marché de la micro-électronique que du point de vue de la production. Il y a donc fort à parier qu'à un certain point du développement de l'Internet des objets, un petit nombre de solutions techniques atteignant une taille de marché critique commenceront à creuser l'écart qualité/prix par rapport à leurs concurrentes et constitueront des « standards de fait », voire, selon le type de protection de la propriété intellectuelle associée, un oligopole de fait.

L'économie de l'Internet des objets ne se résume cependant pas aux coûts et aux performances des puces ou des capteurs. Une puce ou un capteur n'apporte pas de service en soi à l'utilisateur. Seule l'adjonction de cet élément électronique à un objet et l'ajout d'une fonction de communication permettent d'ajouter des services et de la valeur. C'est la raison pour laquelle deux autres éléments économiques majeurs vont intervenir.

En premier lieu, la facilité d'intégration de l'élément électronique dans l'objet. Des paramètres, comme sa taille et sa résistance, vont jouer ici un rôle crucial, car cette intégration représentera un coût industriel d'une ampleur sans doute nettement supérieure au simple coût unitaire.

En second lieu, interviendra le coût d'intégration dans les réseaux de communication. Dans ce domaine, l'interopérabilité jouera un rôle majeur : chaque fabricant d'objets ou chaque filière industrielle peut utiliser des systèmes spécifiques pour les communications des objets qu'il (ou elle) produit. Pourtant, des économies majeures pourraient être réalisées en s'appuyant sur des standards de communication communs, ouverts et ne présupant pas de l'usage de l'objet. Ce sont ces principes qui ont fait le succès de l'Internet. Il n'est toutefois pas encore établi que l'Internet des objets suivra cette voie ; c'est la raison pour laquelle certains n'aperçoivent aujourd'hui qu'une juxtaposition d'« Internets des objets » distincts (de « silos »).

Il est d'ailleurs important de noter que l'approche ayant recours à des standards ouverts et communs présente un potentiel d'innovation de services bien plus important. La contrepartie, néanmoins, en est qu'une grande partie de cette innovation proviendrait d'acteurs neufs n'ayant pas forcément de lien préétabli avec les fabricants d'objets, ce qui aurait pour conséquence de créer des tensions liées à la répartition de la valeur entre ces intervenants, à l'instar de ce que l'on peut observer aujourd'hui sur l'Internet entre les fournisseurs d'accès (comme Orange) et les prestataires de services (comme Google).

L'Internet des objets est un domaine technologique à la fois récent et complexe, si bien que le démarrage du marché des prestations d'intégration et des déploie-

ments de solutions a été lent jusqu'ici. A titre d'exemple, il existe aujourd'hui un grand nombre de professionnels de la RFID, mais très peu d'entre eux seraient capables de comprendre/maîtriser l'environnement du déploiement de solutions sur la totalité de la chaîne, jusqu'aux clients, notamment dans le domaine de la logistique et des chaînes d'approvisionnement, un domaine qui fait intervenir de nombreux acteurs, interfaces et modules de communication. Il suffit de visiter un des nombreux salons RFID qui sont tenus annuellement pour constater la difficulté que rencontrent les acteurs présents pour couvrir les besoins de la chaîne de valeur. Le client peut alors se trouver embarrassé d'avoir à choisir entre deux options : soit, faire appel à plusieurs prestataires dont les métiers sont très différents et dont aucun ne voit clairement comment s'interfacer avec les autres (puisqu'il n'y a guère de standard communément adopté), soit faire appel à un fournisseur unique qui ne maîtrise pas forcément tous les aspects et qui risque, en conséquence, de lui proposer une « usine à gaz » inadaptée au besoin qu'il avait exprimé initialement.

DES CRAINTES LÉGITIMES EN MATIÈRE D'IMPACTS SOCIÉTAUX

Comme toute étape majeure de l'évolution technologique, l'Internet des objets apporte son lot de questionnements sur la manière dont il influera sur nos sociétés et nos pratiques. Parmi ces questionnements figurent notamment les craintes relatives aux effets socialement indésirables.

Ces craintes sont fondées, notamment en matière de protection des droits et des libertés individuelles ou encore de risques potentiels, sanitaires ou environnementaux. Si notre utilisation du Web aujourd'hui (notamment *via* les moteurs de recherche) peut déjà être source d'une connaissance étendue de nos comportements individuels, la traçabilité des objets de la vie quotidienne serait encore infiniment plus sensible.

Les systèmes de mobilité, de géo-localisation, et d'éventuels identifiants uniques des objets pourraient constituer un « *Everyware* », comme le dénomme Adam Greenfield [1]. Le caractère potentiellement intrusif de tels systèmes est bien entendu important, mais il pourrait n'apparaître que tardivement en raison de l'étendue des services nouveaux et de l'intérêt qu'ils sont susceptibles de susciter. L'expérience que nous avons aujourd'hui de l'Internet tend, en effet, à accréditer la thèse selon laquelle l'utilisateur privilégie le bénéfice retiré du service rendu au quotidien face au risque d'atteinte à sa vie privée... tout au moins jusqu'à ce qu'intervienne un incident.

C'est une des raisons pour lesquelles la Commission européenne a souhaité que les puces électroniques puissent être désactivées par l'utilisateur, ce qui pourrait conduire à reconnaître aux citoyens un droit au « silence des puces » [10].

Un important champ de travaux industriels et réglementaires porte également sur la *privacy by design* (22). Cette approche consiste, en fait, à considérer que l'objectif sociétal de la protection des données personnelles ne peut être atteint par la seule régulation, mais qu'il doit être intégré, en amont, dans l'ensemble des travaux de recherche, de conception, d'industrialisation et de commercialisation. Elle travaille autour de trois axes : les systèmes d'information, les pratiques d'affaires et la conception des matériels et de l'infrastructure.

La réponse apportée à ces défis aura bien entendu des conséquences sur les équilibres sociaux, notamment sur l'équilibre entre les libertés et la surveillance. Mais le défi industriel et économique posé par les préoccupations des régulateurs et des utilisateurs est également une formidable source d'innovations potentielles. L'Europe qui en sa qualité de pionnière a une carte à jouer dans le domaine de la protection des droits individuels.

Bien que l'inquiétude des utilisateurs soit mise en avant avec plus de force, elle ne doit pas masquer un enjeu d'égale importance pour les entreprises, celui de l'espionnage économique. De manière analogue aux conséquences, pour l'accès à des données sensibles, de l'adoption massive des standards Internet, l'accès aux informations sur les objets eux-mêmes ou sur leur traçabilité (par exemple) représente un enjeu économique considérable. Tant que chaque entreprise ou que chaque secteur industriel utilisera une norme spécifique d'accès et de stockage de ces informations, le risque demeurera mesuré, mais il est évident que si des standards mondiaux émergent, la sécurisation de ces informations nécessitera des investissements extrêmement importants.

QUELS MODÈLES DE GOUVERNANCE ?

Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes de cet article, l'IdO est un domaine dont les contours sont encore loin d'être définis et cela crée, de fait, une tension entre des acteurs divers, qui revendiquent, chacun de leur côté, une légitimité plus ou moins forte à en (re)définir les contours de telle ou telle manière et à gérer les ressources nécessaires à son fonctionnement. D'ailleurs, quand bien même ses contours seraient un jour correctement définis, cela n'empêcherait pas d'assister à des compétitions entre les tenants du « j'étais là le premier, moi ! » et ceux du « certes, mais les choses ont changé et, moi aussi, j'ai quelque chose à dire, aujourd'hui ! ».

(22) <http://www.privacybydesign.ca/>

(23) Il suffit de voir, par exemple, la collaboration de longue date entre l'IETF et, d'une part, l'IEEE (pour les supports de transmission) et, d'autre part, W3C, pour les langages de modélisation de contenus Web (exemple : html). Dans ces cas-là, on parle même de modèle de coopération réussie !

Les organismes de standardisation, par exemple, constituent l'un des principaux forums structurants pour la gouvernance, puisqu'ils décident de choix techniques lourds de conséquences pour la chaîne de valeur (par exemple, par le biais des choix relatifs à la propriété intellectuelle), la dimension sociale, voire le choix de l'attributaire des fonctions centralisatrices essentielles.

Ce qui rend la problématique de la gouvernance de l'IdO plus critique, c'est la multiplicité des organismes de standardisation traitant à peu près des mêmes sujets, mais produisant des solutions non interopérables, mettant ainsi un frein sérieux à une adoption et à un déploiement massifs. Soulignons que la multiplicité des organismes de standardisation ne doit pas être vue comme un problème en soi ; c'est parfois même quelque chose de souhaitable, lorsque ces organismes couvrent des spécialités complémentaires entre elles (23) ! Cette multiplicité est considérée au contraire comme un problème, voire comme un verrou redoutable, lorsque ces organismes se lancent dans une compétition (parfois à bas bruit) sur les mêmes sujets, sans coordonner (24) leurs efforts et sans prendre en compte le critère fondamental de l'interopérabilité.

Ajoutons à cela que l'IdO étant considéré, en quelque sorte, comme un dérivé de l'Internet, il hérite de fait de tous les problèmes connus de la gouvernance de ce dernier. Pour se rendre compte de l'étendue et de la profondeur de cette problématique, il suffit de suivre les travaux du Forum sur la Gouvernance de l'Internet (FGI) (25), qui ont fait suite au « Sommet Mondial sur la Société de l'Information » (SMSI) (26) et qui ont mené notamment à la reconnaissance du rôle déterminant de la « société civile » dans la gouvernance de l'Internet.

Si on se focalise, cette fois-ci, sur un aspect particulier hérité d'Internet, le nommage, on constate que l'IdO soulève des problèmes encore plus difficiles à résoudre. Si l'Internet se contente d'un schéma unique de nommage des équipements qui lui sont attachés (le DNS), l'IdO (ou plutôt les IdOs ici) souffre(nt) de la multiplicité des espaces de nommage/identification, du fait du foisonnement des organismes concurrents entre eux qui y interviennent. Si l'on considère l'industrie de la RFID, par exemple, on peut trouver plusieurs espaces d'identification incompatibles entre eux. Ainsi, mentionnons, pour l'anecdote, qu'il a fallu attendre 2006 pour obtenir un pas de la part de l'ISO/IEC vers l'intégration de la compatibilité du standard EPC Gen 2 de GS1 [18].

Cela nous amène tout naturellement à poser la question suivante : pourquoi ne pas proposer un espace

(24) À ce sujet, l'IETF, qui a connu une mésaventure en termes de coordination avec un autre organisme, a publié un document [15], assez instructif, soulignant les mauvaises conséquences de l'absence de coordination entre organismes de standardisation traitant des mêmes sujets.

(25) <http://www.intgovforum.org/>

(26) <http://www.itu.int/wsis/>

d'identification unique pour tous les objets de la planète ? Est-ce un fantasme ou, tout simplement, quelque chose qu'il faudra arriver à réaliser un jour ? La question est à la fois politique et technique. Vu l'état de la gouvernance de l'IdO aujourd'hui, et vu les efforts encore très modérés faits en matière d'élaboration de standards ouverts et interopérables, un tel chantier serait sans doute, pour le mieux, prématuré.

Toujours sur l'aspect du nommage des objets, l'exemple de l'ONS est assez révélateur des problèmes de gouvernance, alors qu'il s'agit bien du seul et unique organisme de standardisation qui s'en saisit actuellement. Dans l'ONS tel qu'il est conçu et mis en œuvre aujourd'hui, le nommage de tous les objets s'effectue sous une seule arborescence DNS : *onsepc.com*. Cela induit une dépendance technique aux gestionnaires des domaines *.com* et *onsepc.com*. Le problème réside dans le fait que ces entités pourraient abuser de leur position dominante en interdisant, par exemple, des opérations pour certains pays, en procédant à du filtrage, de l'analyse de trafic, à des fins d'espionnage industriel et/ou d'intelligence économique.

Cette problématique a fait émerger une demande en faveur d'une architecture fédérée (ou « multi-racines ») chez des personnalités politiques et de grands acteurs européens de la RFID et des chaînes d'approvisionnement. La finalité multi-racines de l'ONS est de proposer un nouveau modèle de gouvernance en vertu duquel la responsabilité ultime de la gestion du système ONS n'appartiendrait plus à une seule entité, mais serait au contraire partagée de manière équilibrée entre plusieurs parties prenantes réparties entre différentes régions. En 2009, l'AFNIC a mis en place une plateforme ONS fédéré [2], dans le cadre d'un partenariat de R&D initié en 2007 avec GS1 pour répondre à la demande. L'ensemble de ces travaux a été intégré par la suite au projet multipartenaires, nommé WINGS [19], subventionné par l'Agence Nationale de la Recherche. Aujourd'hui, il reste à convaincre l'ensemble des acteurs de la standardisation de faire évoluer ce standard, de l'implémenter s'il est accepté et, enfin, de le déployer. Voilà qui représente un défi pour la gouvernance de l'ONS, qui ne représente qu'un des aspects de la problématique globale de la gouvernance, celle de l'IdO. Enfin, une des questions structurantes pour la gouvernance de l'Internet des objets sera celle du rôle de la puissance publique. Le paradigme en est aujourd'hui principalement poussé par l'industrie et la recherche, mais il a commencé à attirer l'attention des régulateurs, comme nous l'avons décrit ci-dessus. A ce jour, ces derniers ont lancé des travaux relativement locaux, c'est-à-dire limités à leurs circonscriptions respectives. La Commission européenne a ainsi lancé plusieurs consultations publiques et entamé une réflexion sur le niveau de régulation (*ex-ante*, *ex-post*...) pour ce futur secteur économique. Mais à ce stade, on observe peu de coordination des pouvoirs publics entre eux, chacun donnant le sentiment de privilégier avant tout l'émergence de l'industrie et des usages afférents sur son propre ter-

ritoire. Il serait pourtant utile d'entamer dès aujourd'hui (alors que tout n'est pas encore figé) des coordinations renforcées sur ces sujets au plan mondial.

Vu les conséquences sociétales de l'Internet des objets, l'absence d'une association de la société civile à sa gouvernance représenterait un sérieux retour en arrière. Pourquoi, dès lors, ne chercherait-on pas à s'appuyer sur une instance du type du Forum de Gouvernance de l'Internet pour amorcer ce débat multipartite sur la (future) gouvernance de l'Internet des objets ?

VERS UNE NOUVELLE INFRASTRUCTURE OUVERTE OU VERS DE MULTIPLES NICHES ?

Dans cet article, nous avons présenté l'IdO sur divers plans (technique, économique, sociétal et de gouvernance). Chacun de ces plans met en évidence des enjeux à maîtriser, des verrous à lever et des défis à relever pour que le concept d'IdO (au singulier comme au pluriel, si tel était le constat définitif) puisse se traduire en réalité sur le terrain, avec une pénétration élevée dépassant nettement le simple stade d'expérimentation par les pionniers (les « *early adopters* »).

La vitesse avec laquelle les mutations technologiques apparaissent et disparaissent montre qu'une technologie qui tarde trop à arriver devient de fait menacée d'être tout simplement remplacée par quelque chose de mieux pensé et/ou de plus facile à déployer.

Le facteur « *Time-To-Market* » est assez critique pour la plupart des technologies relevant de l'IdO, si bien qu'un retard important dans la standardisation de systèmes ouverts et interopérables peut avoir des conséquences, au mieux, négatives mais rattrapables et, au pire, néfastes et irrémédiables. En effet, un tel retard non seulement défavorise l'émergence de solutions innovantes qui seraient massivement adoptées, mais il favorise, de surcroît, l'arrivée de solutions propriétaires multiples, qui seront à leur tour soit amenées à se livrer une bataille frontale sur le marché, soit à constituer chacune leur niche, avec des utilisateurs plus ou moins avisés.

Les effets de réseaux massifs pourraient bien conduire, dans un premier temps, à un oligopole, puis à un monopole, imposant alors un standard de fait. Qui sera le Google, ou le Microsoft, de l'Internet des objets ?

Pour terminer sur une note positive, soulignons que l'Union européenne semble de plus en plus sensible à l'importance de l'ouverture des standards et de leur interopérabilité, ainsi qu'à la neutralité des réseaux, autre condition nécessaire à la préservation de l'Internet d'aujourd'hui et à la construction de l'Internet de demain. Ainsi, on peut espérer que l'UE usera efficacement de son influence sur les acteurs de l'économie numérique afin que ces derniers fassent les bons choix d'orientations stratégiques en matière de développement de l'Internet du futur.

Avec ou sans les objets, mais de préférence, avec !

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GREENFIELD (Adam), *All watched over by machines of loving grace*, http://www.boxesandarrows.com/view/all_watched_over_by_machines_of_loving_grace_some_ethical_guidelines_for_user_experience_in_ubiquitous_computing_settings_1
- [2] Internet des Objets : point d'étape des travaux R&D de l'AFNIC, <http://www.afnic.fr/actu/nouvelles/256/internet-des-objets-point-d-etape-des-travaux-r-d-de-l-afnic>
- [3] BENHAMOU (Bernard), WEILL (Mathieu), *Quelle gouvernance pour l'Internet des Objets ?*, <http://mathieuweill.fr/images/Objets.pdf>
- [4] KAPLAN (Daniel), *Repenser l'internet des Objets (1/3) : L'internet des Objets n'est pas celui que vous croyez !*, <http://www.internetactu.net/2009/04/23/repenser-l-internet-des-objets-1-3-l-internet-des-objets-nest-pas-celui-que-vous-croyez/>
- [5] KAPLAN (Daniel), *Repenser l'internet des Objets (2/3) : Révolution ou déception ?*, <http://www.internetactu.net/2009/04/30/repenser-l-internet-des-objets-2-3-revolution-ou-deception/>
- [6] KAPLAN (Daniel), *Repenser l'internet des Objets (3/3) : Industrialiser l'internet ou internetiser l'industrie ?*, <http://www.internetactu.net/2009/05/07/repenser-l-internet-des-objets-3-3-industrialiser-l-internet-ou-internetiser-l-industrie/>
- [7] <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P7-TA-2010-0207+0+DOC+XML+V0//FR>
- [8] http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/events/index_en.htm
- [9] Standards RFID de l'ISO, <http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=rfid&searchSubmit=Search&sort=rel&type=simple&published=true> ; <http://rfid.net/basics/186-iso-rfid-standards-a-complete-list>
- [10] Dossier coordonné par Kenneth CUKIER, « When Everything Connects : The hidden revolution », *The Economist* (28 avril 2007), http://www.economist.com/surveys/displaystory.cfm?story_id=9031982
- [11] KUSHALNAGAR (N.) & al, *6LowPANs: Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc4919.txt>
- [12] MONTENEGRO (G.) & al, *Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc4944.txt>
- [13] DOHLER (M.) & al, *Routing Requirements for Urban Low-Power and Lossy Networks*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc5548.txt>
- [14] PISTER (K.) & al, *Industrial Routing Requirements in Low-Power and Lossy Networks*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc5673.txt>
- [15] BRYANT (S.) & al, *Uncoordinated Protocol Development Considered Harmful*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc5704.txt>
- [16] BRANDT (A.) & al, *Home Automation Routing Requirements in Low-Power and Lossy Networks*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc5826.txt>
- [17] MARTOCCI (J.) & al, *Building Automation Routing Requirements in Low-Power and Lossy Networks*, <http://www.ietf.org/rfc/rfc5867.txt>
- [18] « Gen 2 EPC Protocol Approved as ISO 18000-6C », <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2481/1/1/>
- [19] Projet ANR WINGS, <http://www.wings-project.fr/>