



INTERNET DES OBJETS

DEFIS TECHNOLOGIQUES, ÉCONOMIQUES ET POLITIQUES

Bernard Benhamou, Délégué aux Usages de l'Internet,
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche,
Secrétariat d'État au développement de l'économie numérique.

« Les technologies les plus profondément enracinées sont les technologies invisibles. Elles s'intègrent dans la trame de la vie quotidienne jusqu'à ne plus pouvoir en être distinguées. »

Mark Weiser¹

“La création d'un “Internet des Objets”, le développement et la diffusion ubiquitaire des technologies basées sur les capteurs, vont à terme brouiller les frontières entre monde virtuel et monde physique et pourraient modifier la nature même de la vie privée. Les enjeux de sécurité sur le long terme restent encore à analyser et à résoudre...”

Rapport de l'OCDE : « RFID : sécurité de l'information et vie privée² »

À l'heure où l'Internet connaît une mutation dans ses usages avec la montée en puissance de l'Internet sur les téléphones portables, c'est la mutation suivante du réseau qui préoccupe désormais les industriels ainsi que les acteurs publics. Les services de réseau devraient en effet s'étendre au-delà des ordinateurs ou des téléphones portables vers l'ensemble des objets du quotidien. Les nouveaux utilisateurs de l'Internet pourraient ainsi connaître un réseau et des usages très différents d'aujourd'hui. Grâce à cet « Internet des Objets », il deviendra possible aux usagers du réseau de s'informer et d'interagir en permanence avec l'ensemble des objets présents dans leur environnement immédiat. Ces nouveaux services iront alors de la santé aux services culturels, de l'information sur les biens et marchandises à la maîtrise des risques

¹ *The Computer for the 21st Century* par Mark Weiser. (Scientific American, septembre 1991)

² *Radio Frequency Identification (RFID) : A Focus on Information Security and Privacy* (Working Party on Information Security & Privacy- OCDE, 14 janvier 2008).

[http://www.oilis.oecd.org/oilis/2007/doc.nsf/LinkTo/NT00005A7A/\\$FILE/JT03238682.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2007/doc.nsf/LinkTo/NT00005A7A/$FILE/JT03238682.PDF)

environnementaux. L'« *Internet des objets* », en raison de son impact sur l'ensemble des secteurs industriels mais aussi en raison des transformations sociales et culturelles qu'il pourrait susciter, apparaît désormais comme un objectif stratégique pour les entreprises comme pour les États. Lors de la récente Présidence française du Conseil de l'Union Européenne, les ministres européens ont ainsi souhaité évoquer les enjeux liés aux mutations de l'Internet vers l'Internet des objets³. L'objectif de ces échanges était de favoriser le développement de ces technologies et, dans le même temps, de veiller au respect des principes et des valeurs des citoyens européens en particulier pour préserver les libertés individuelles.

PRINCIPES ET PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES

Pour décrire l'entrée de l'Internet dans la « vie de tous les jours », de nombreux néologismes ont été inventés. Depuis les termes « Internet des objets » (*Internet of Things*), « informatique diffuse » (*Pervasive Computing*) auxquels s'ajoutent suivant les régions où ils sont développés ; « intelligence ambiante » (*Ambient Intelligence*) en Europe ou « Réseaux Ubiquitaires » au Japon et en Corée. La diversité de ces néologismes traduit la diversité d'approche des concepteurs de ces systèmes et plus encore l'extrême diversité des services que ces technologies permettent de créer.

Deux grandes familles de technologies jouent un rôle essentiel dans le développement de l'Internet des objets ; les technologies de communication sans fil et les systèmes d'identification par puces à radiofréquence (ou puces RFID). Ainsi, la première catégorie d'accessoires connectés correspond aux outils électroniques mobiles (téléphones GSM, automobiles etc.) ainsi qu'aux accessoires électroniques domestiques qui constituent alors un « carrefour numérique⁴ ». Jusqu'à présent les stratégies des industriels organisaient ce carrefour autour de l'ordinateur personnel. Les évolutions des téléphones mobiles pourraient les faire devenir les chefs d'orchestre de ce « carrefour numérique » et leur permettre d'interagir avec les informations et les services liés aux objets.

S'il a fallu plusieurs décennies à l'Internet et par la suite au web pour atteindre un milliard et demi d'utilisateurs⁵, le milliard suivant pourrait être atteint en l'espace de quelques mois. On compte

³ Conférence Ministérielle de la Présidence Française de l'Union Européenne sur l'Internet du Futur (Nice les 6 et 7 octobre 2008).

<http://www.internet2008.eu>

⁴ Traduction de l'expression anglaise « *digital hub* »

⁵ Source Internet World Stats, janvier 2009.

<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

déjà 4 milliards d'abonnements au téléphone mobile soit près les deux tiers de la population mondiale⁶. L'introduction de services Internet sur les téléphones mobiles pourrait faire doubler en l'espace de quelques années le nombre d'utilisateurs de l'Internet. Par les connexions qu'ils établiront avec les autres objets du quotidien, le téléphone mobile pourrait aussi devenir le catalyseur (et le vecteur privilégié) des nouveaux usages de l'Internet.

Ainsi, la seconde catégorie d'objets connectés correspondra à l'ensemble des objets et marchandises qui seront progressivement dotés de puces à radiofréquence (ou puces RFID⁷) en remplacement des codes barre actuels⁸. Ces puces donneront alors accès *via l'Internet* aux informations relatives aux produits. Ainsi, le consortium mondial de gestion des codes barres, *EPC Global*, a choisi un système qui permettra d'accéder aux informations relatives à la vie des objets (lieu de fabrication, acheminement, contrôles effectués, distribution etc.). Ces liens entre les objets et leurs informations spécifiques reposeront sur le développement d'une technologie dérivée du système de gestion des noms de domaine sur Internet (le *DNS*). Cette technologie d'identifiants « uniques » des objets est *l'Object Naming Service (ou ONS)*. Les identifiants des objets seront en effet la clef de voûte de l'interopérabilité des différents services qui seront créés sur l'Internet des objets. Dans un second temps, les puces RFID présentes sur les objets connectés pourraient même être dotées de capteurs afin d'offrir à leurs usagers de nouveaux services liés au recueil d'informations « locales ». Cette dernière étape correspond à la mise en place de « réseaux de capteurs » (ou *sensor networks*).

DES ENJEUX ÉCONOMIQUES

La mise en place de ces réseaux d'objets et de capteurs représente un objectif doublement stratégique pour les opérateurs de télécommunications et pour les fournisseurs de services sur Internet. Au-delà des flux d'informations actuels, et en particulier la vidéo, la création d'un réseau

⁶ cf. « *61 percent of global population now using mobile phones* » par Davey Winder dans *iTWire* le 25 septembre 2008.

<http://www.itwire.com/content/view/20824/53/>

⁷ « *La radio-identification plus souvent désignée par le sigle RFID, (de l'anglais Radio Frequency IDentification), est une méthode pour mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio étiquettes » (« RFID tag » ou « RFID transponder » en anglais). Les radio étiquettes sont de petits objets, tels que des étiquettes autoadhésives, qui peuvent être collées ou incorporées dans des objets ou produits et même implantées dans des organismes vivants (animaux, corps humain).* »

Définition de l'Encyclopédie en ligne Wikipedia (3 février 2009)

<http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Radio-identification&oldid=37653285>

⁸ Voir sur ce point l'article ; « *Des puces pour suivre nos aliments jusque dans le frigo* » (Olivier Truc, *Le Monde* 18 novembre 2006).

http://www.lemonde.fr/web/imprimer_element/0,40-0@2-651865,50-836014,0.html

qui mobiliserait les flux de milliards d'objets et de capteurs représente un gisement de croissance crucial pour le secteur des télécommunications. Les flux d'informations issus des capteurs généreront une augmentation considérable des besoins en bande passante en particulier si ces capteurs recueillent des informations en « temps réel »⁹. Par ailleurs, le déplacement de la chaîne de valeur vers les services, que l'on observe déjà sur Internet, pourrait s'accroître à mesure que ces services deviendront « ubiquitaires ». Les puces, et les services créés, pourraient ainsi jaloner l'existence de leurs utilisateurs et être associés à l'ensemble des transactions¹⁰ et démarches qu'ils pourront effectuer¹¹.

Les enjeux économiques de ces technologies pour les entreprises de la distribution mais aussi plus largement pour le secteur des services à valeur ajoutée sur Internet sont considérables. En plus des acteurs traditionnels des technologies, les producteurs et les distributeurs de biens manufacturés pourraient devenir des acteurs clés des nouveaux services de l'Internet des objets. Il deviendra possible de connaître par exemple l'origine d'un produit alimentaire, sa valeur calorique voire même, en fonction de sa localisation géographique, son « empreinte carbone ». Des services « après la vente » d'un produit pourront aussi être créés par exemple pour accéder aux informations relatives à l'origine d'un produit ou garantir aux consommateurs que ces produits restent consommables. Au-delà des informations sur la vie des produits, les technologies de l'Internet des objets permettront de développer de nouvelles générations de services pour la santé, l'éducation, les services de proximité, ou encore le développement durable.

Avec le développement des technologies de l'Internet des objets, le secteur de la distribution pourrait devenir l'un des acteurs clés de l'économie de l'Internet. Ce secteur pourrait même devenir un concurrent direct des sociétés qui développent des services en ligne comme *Google*, *Amazon* ou *Apple*¹² qui diversifieront leurs activités de service sur l'Internet des objets. Cependant, le prix unitaire des puces RFID, même s'il connaît une baisse constante, constitue encore un frein à leur diffusion sur l'ensemble des objets du quotidien. Ainsi, l'un des enjeux essentiels pour le développement de ces nouveaux services sera lié à l'établissement d'un accord entre producteurs, distributeurs et acteurs des technologies pour partager les risques financiers liés à la diffusion de ces puces.

⁹ *Exploring the Business and Social Impacts of Pervasive Computing* (IBM Zurich Research Laboratory/Swiss Re Centre for Global Dialogue TA - SWISS mars 2006).

http://www.ta-swiss.ch/a/info_perv/060506_DIV_Pervasive_computing_brochure_e.pdf

¹⁰ La technologie « NFC » (*Near Field Communication*) est l'une des variantes de la technologie RFID appliquée en particulier aux systèmes de paiements sur mobiles.

¹¹ Voir sur ce point : *L'Age de l'Accès* par Jeremy Rifkin (Editions *La Découverte*, mai 2005)

¹² La société Apple a ainsi déposé plusieurs brevets liés à la connexion des objets¹²

cf. « *Apple looks forward to add RF communications to everything* » dans *Unwired View* le 23 octobre 2008.

<http://www.unwiredview.com/2008/10/23/apple-looks-forward-to-add-rf-communications-to-everything/>

L'une des pistes qui pourraient faciliter la diffusion de ces technologies correspondra au fait d'associer les usagers à la conception et au développement des services issus de l'Internet des objets. Cette mise en œuvre « collaborative » constituera un avantage pour les architectes de ces nouveaux services, tant sur le plan technologique que sur le plan politique. Cela pourrait en particulier désamorcer les risques liés à la crainte de « perte de contrôle » que ces réseaux pourraient engendrer. Par ailleurs, cette participation à l'évolution des services favorisera la mise en place de services plus proches des besoins des usagers. Dans les années à venir, nous pourrions même assister à l'élargissement de la notion de technologies « sociales » au matériel informatique lui-même. Au-delà des contenus et des logiciels, les communautés d'utilisateurs pourraient alors avoir un rôle important dans la conception des matériels informatiques et en particulier des puces RFID. Les technologies clés de l'Internet des objets, pourraient ainsi être coproduites par les utilisateurs eux-mêmes¹³. Dans la perspective d'une diversification accrue des outils informationnels, cette participation des usagers aura deux avantages. Elle permettra de couvrir des besoins très spécifiques que les constructeurs traditionnels (faute d'un marché suffisant) ne pourraient pas couvrir et elle permettra de diffuser à moindre coût les technologies de l'Internet des objets directement auprès des utilisateurs¹⁴.

DE L'INTERNET FAIRE « TABLE RASE¹⁵ » ?

Plusieurs facteurs pourraient cependant limiter le déploiement de l'Internet des objets. Au premier rang des préoccupations des architectes de l'Internet, figure la rareté progressive de l'une des ressources essentielles du réseau ; les adresses IP. Cette saturation pourrait accentuer la nécessité de faire migrer vers le nouveau protocole *IPv6* l'ensemble des machines connectées au

¹³ Joseph Jacobson coordonne au MIT un projet visant à « imprimer » des processeurs qui pourraient être produits à faibles coûts sur des supports plastiques grâce à des « imprimantes » dédiées. Ces processeurs « faits maison » ouvriraient alors la porte à la notion de « puces libres » élaborée par une communauté d'utilisateurs pour des applications ou des services spécifiques (comme le sont actuellement les « logiciels libres ») cf. *Print Your Next PC* et *The Printable Transistor* par Erika Jonietz (articles parus dans la revue *MIT Technology Review* de novembre 2000 et mai 2003).

http://www.technologyreview.com/printer_friendly_article.aspx?id=12204

http://www.technologyreview.com/printer_friendly_article.aspx?id=13160

¹⁴ *Are Printable Transistors the Magic Bullet for Mass RFID Adoption?* article paru dans *Supply Chain Digest* le 28 novembre 2007.

http://www.scdigest.com/assets/On_Target/07-11-28-1.php?cid=1361

¹⁵ La mise en place d'un réseau entièrement nouveau qui utiliserait des protocoles différents de TCP/IP est souvent appelée l'approche de l'ardoise vierge ou « *clean slate approach* ».

réseau¹⁶. Mais au-delà des notions des ressources d'adressage, l'architecture actuelle de l'Internet est souvent décrite comme un frein au développement de l'Internet des objets et en particulier des réseaux de capteurs. Certains chercheurs tentent désormais de mettre en place des nouveaux réseaux « *post-Internet* » qui reposeraient sur des technologies entièrement nouvelles et différentes du double protocole TCP/IP de l'Internet. Il est maintenant question pour certains acteurs des technologies de promouvoir de nouveaux protocoles¹⁷ (et donc de nouveaux réseaux) qui seraient spécifiquement adaptés au développement des réseaux de capteurs. Le réseau actuel est en effet conçu pour acheminer les informations issues de la « périphérie » du réseau. La multiplication des flux issus des capteurs pourrait créer une saturation globale de voies de communication utilisées actuellement par l'Internet.

Plusieurs solutions technologiques ont ainsi été envisagées pour créer un environnement favorable au déploiement de l'Internet des objets ainsi qu'aux futurs réseaux de capteurs. C'est le cas du projet *GENI*¹⁸ mené au MIT par l'un des architectes « historiques » de l'Internet, David Clark. Ce projet soutenu par la *Fondation américaine des sciences* prévoit le déploiement d'infrastructures « relais » au sein du réseau pour traiter localement les informations émises par les capteurs afin d'éviter la surcharge de l'ensemble du réseau. Ainsi, en modifiant l'architecture du réseau, ce projet pourrait remettre en cause l'un des principes fondamentaux de l'Internet : le principe de neutralité (ou principe du « *end to end*¹⁹ »). Ces machines organiseraient les flux d'informations issus des capteurs jouant alors le rôle de « filtre » et confèreraient à leurs détenteurs un pouvoir de contrôle voire de censure sur l'ensemble des informations transportées par le réseau. Si elle devait emprunter le chemin d'une refondation du réseau, la montée en puissance des réseaux de capteurs pourrait donc avoir des conséquences sur l'architecture et le fonctionnement général de l'Internet. Les conséquences économiques et politiques de ces évolutions seraient alors imprévisibles. Ce projet pourrait favoriser les innovations dans le domaine des réseaux de capteurs et, dans le même temps, permettre d'installer des mécanismes de censure et de contrôle systématique à l'échelle planétaire. L'ambassadeur américain chargé des

¹⁶ La migration du protocole actuel IPv4 vers IPv6 est encore lente et parcellaire. L'Europe devra dans les toutes prochaines années accélérer ce processus pour éviter une saturation qui serait préjudiciable au fonctionnement du réseau en particulier pour les entreprises.

¹⁷ *Exploring the Business and Social Impacts of Pervasive Computing* (IBM Zurich Research Laboratory/Swiss Re Centre for Global Dialogue TA - SWISS mars 2006).

http://www.ta-swiss.ch/a/info_perv/060506_DIV_Pervasive_computing_brochure_e.pdf

¹⁸ *Global Environment for Network Innovations* voir sur ce point *Defining a future network : A new research agenda* présentation effectuée par David Clark du Massachusetts Institute of Technology lors du colloque de l'OCDE/NSF « *Social and Economic Factors Shaping the Future of the Internet* » à Washington le 31 janvier 2007.

<http://www.oecd.org/dataoecd/18/55/38060403.pdf>

¹⁹ cf. « *Organiser l'architecture de l'Internet* » par B. Benhamou (Revue Esprit *Que nous réserve le numérique ?* mai 2006).

négociations sur la gouvernance de l'Internet résumait ainsi les inquiétudes politiques liées à ce projet : « *Quels que soient les mérites techniques du projet GENI, il nous conviendrait bien plus s'il ne faisait pas naître un large sourire sur le visage de nos homologues chinois...* »²⁰. À plusieurs reprises en effet, les autorités chinoises ont souhaité mettre en place des technologies de contrôle au sein même de l'architecture du réseau²¹.

Un autre facteur qui pourrait favoriser l'adoption de ces projets de « refondation » de l'Internet est lié à l'une des faiblesses « historiques » des infrastructures du réseau en termes de sécurité. L'architecture de gestion des noms de domaines ou DNS (pour *Domain Name System*) n'est actuellement pas sécurisée et la récente faille « *Kaminsky* »²² dont l'exploitation massive pourrait paralyser l'Internet, est un exemple des menaces qui pourraient inciter à remettre en cause l'architecture de l'Internet. Le rehaussement du niveau de sécurité des réseaux pourrait aussi apparaître comme le moyen de limiter les phénomènes du spam et les usurpations d'identités (comme le phishing) ainsi que les attaques liées aux virus.

RESEAUX UBIQUITAIRES : LA FIN DE L'INTERFACE UNIQUE ?

Outre le fait de modifier la nature des services qui seront disponibles auprès des utilisateurs, l'Internet des objets pourrait aussi modifier le mode d'interaction des utilisateurs avec le réseau. De nombreuses recherches sur les interfaces « homme/machine » tentent désormais de s'affranchir de l'ordinateur comme intermédiaire exclusif. En prenant appui sur des objets usuels, les opérations courantes pourraient être effectuées sans qu'il soit nécessaire pour leurs utilisateurs de concentrer leur attention sur un écran en particulier. Les dispositifs connectés pourraient afficher des éléments d'information dans l'environnement des utilisateurs. Ce procédé est aussi appelé « *réalité augmentée* »²³ et s'oppose à la notion de « *réalité virtuelle* » qui permet de recréer un univers entièrement « synthétique ». L'interface graphique pourrait ainsi être progressivement remplacée par des systèmes qui dispenseraient leurs usagers d'avoir à maîtriser les systèmes d'exploitation des ordinateurs. Ces nouvelles formes d'interfaces permettraient à leurs utilisateurs

²⁰ David Gross, Ambassadeur et coordinateur des politiques internationales de communications et d'information des États-Unis lors du colloque *The Future of Communications Services in Europe and the United States : The Role of Regulation and Markets in a Converged World* organisé par *The Progress & Freedom Foundation* et le *Centre for European Policy Studies* (Bruxelles, 22 février 2007).

²¹ Voir sur ce point : « *Who Controls the Internet ? : Illusions of a Borderless World* » par Jack Goldsmith et Tim Wu (Oxford University Press, mars 2006)

²² cf. Dossier « *Collapse !* » paru dans le magazine *Wired* en novembre 2008 http://www.wired.com/techbiz/people/magazine/16-12/ff_kaminsky?currentPage=all

²³ Voir sur ce point les travaux du MIT sur les interfaces des « objets qui pensent » ou « *Things That Think* » <http://agents.media.mit.edu/projects/consumerelectronics/>

d'interagir « physiquement » avec les systèmes informatiques (via des interfaces dites « haptiques »²⁴ qui utilisent le sens du toucher²⁵) sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un clavier ou une souris.

L'un des objectifs de l'informatique « *diffuse* » sera de s'affranchir de la métaphore graphique du « bureau » pour s'insérer progressivement dans l'univers quotidien des utilisateurs. Ces évolutions devraient aussi être facilitées par la connexion progressive des objets domestiques habituellement isolés qui seront à même de « dialoguer » entre eux pour effectuer plus efficacement les tâches quotidiennes²⁶. Des éléments d'information pourraient ainsi être présents dans l'environnement des utilisateurs, soit sur les objets connectés (comme les téléphones portables), soit sur les objets présents autour d'eux²⁷. En devenant mobiles les systèmes d'information accompagneront leurs utilisateurs en leur fournissant à la fois des éléments d'orientation (pour les systèmes de géolocalisation) et des éléments d'information ou d'aide à la décision (en particulier par le recueil d'informations issues des capteurs RFID présents dans leur environnement).

Ces évolutions devraient avoir des conséquences sur la diffusion sociale des services et des informations liées à l'Internet. En effet, si l'interface graphique des ordinateurs personnels reste la voie d'accès privilégiée aux informations et aux services de l'Internet, elle constitue aussi une « barrière » qui limite l'utilisation des technologies en particulier pour les personnes qui éprouvent des difficultés à maîtriser l'ordinateur personnel pour des raisons liées à l'illettrisme ou du fait de difficultés cognitives. Il est à noter que les nouvelles interfaces mises en place lors du développement de l'Internet des objets pourraient avoir un impact particulièrement sensible sur les personnes âgées ainsi que les personnes fragiles²⁸. Plus généralement, elles permettront

²⁴ Les lieux publics pourraient ainsi bénéficier de systèmes d'information dénués de claviers pour effectuer des opérations simples. Voir sur ce point l'appel à propositions du *Réseau National des Technologies Logicielles* mis en place par le Ministère de la Recherche et le Ministère de l'Industrie (Interagir via une information multimédia enrichie http://www.industrie.gouv.fr/rntl/AAP2001/theme3_1.htm)

²⁵ *Researchers tout touchy-feely technology* News.com le 7 septembre 2001
<http://news.com.com/2100-1017-272652.html>

²⁶ Lire sur ce point la contribution de Vinton Cerf dans « *The Invisible Future* » édité par Peter Denning (Mc Graw Hill 2001) et « *Have my Shoe talk to your Refrigerator* » article paru dans Salon.com
<http://archive.salon.com/21st/feature/1999/01/26feature.html>

²⁷ *Exploring the Business and Social Impacts of Pervasive Computing* (IBM Zurich Research Laboratory/Swiss Re Centre for Global Dialogue mars 2006)
http://www.ta-swiss.ch/a/info_perv/060506_DIV_Pervasive_computing_brochure_e.pdf

²⁸ *Pervasive Computing : Trends and Impacts* rapport du Federal Office for Information Security (Bonn, Allemagne 2006)
http://www.bsi.de/literat/studien/percenta/Percenta_eacc.pdf

d'élargir la diffusion des ressources et des services de l'Internet à l'ensemble des catégories de population qui n'avaient pas accès au réseau pour des raisons économiques ou culturelles.

OBJETS « DURABLES » ET RESEAU ÉNERGETIQUE « INTELLIGENT »

Les technologies des puces RFID initialement conçues pour améliorer les fonctions logistiques et réduire les coûts de gestion aident aussi à concevoir des produits « intelligents », plus économes, qui peuvent adapter leurs fonctions et leur consommation d'énergie lors de modifications de leur environnement²⁹. Les puces et les capteurs eux-mêmes peuvent aussi devenir « énergétiquement autonomes »³⁰. Ces capteurs auto-alimentés permettront d'obtenir par exemple des informations sur le niveau sonore dans une ville, le niveau d'encombrement d'une rue ou même sur l'intensité d'une secousse sismique dans un immeuble. L'ensemble de ces capteurs pourraient même constituer des réseaux « autonomes » par exemple lors de situations de crises lorsque les réseaux de communications traditionnels sont détruits³¹.

Les technologies des « villes intelligentes³² » constitueront un champ d'application essentiel pour l'Internet des objets. À l'heure où la maîtrise énergétique représente un objectif stratégique pour les urbanistes, ces nouveaux réseaux de capteurs permettront d'adapter la consommation énergétique au comportement des habitants en particulier dans les transports. Les technologies de

²⁹ *Energy saving of TV by face detection* par Ryo Ariizumi, Shigeo Kaneda et Hirohide Haga (*Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* - 2008).

<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1389693>

³⁰ Plusieurs pistes de recherches permettent désormais d'envisager des capteurs alimentés par le rayonnement électromagnétique nécessaire à l'activation « classique » des puces RFID ou qui s'alimenteraient localement (par le biais des modifications mécaniques, thermodynamiques ou encore par les rayonnements « in situ »). cf. *Energy scavenging techniques hot research topic (mechanical, thermodynamical, electromagnetic)*. Wireless Sensor Networks A New Paradigm for Ubiquitous Sensing and Information Processing (Martin Haenggi Department of Electrical Engineering Université Notre Dame, mai 2006).

<http://www.nd.edu/~mhaenggi/talks/CAS-SensorNets-I.pdf>

³¹ Dans le cadre de l'organisation des secours lors de catastrophes naturelles, les capteurs peuvent servir d'outils de détection des personnes survivantes. Dans ce cas ils sont dotés de détecteurs de chaleurs et de « mécanorécepteurs » pour détecter les vibrations. Il est aussi à noter que ce projet mis en place par le gouvernement japonais utilise les technologies de réseau maillé ou « mesh network » qui fonctionne sur le principe des « sauts ». Chaque « pod » (ou nœud) du réseau se comporte alors comme un réémetteur et ne transmet qu'aux pods les plus proches les données collectées. L'autre originalité du projet tient aussi au mécanisme de dispersion des puces par « épandage » aérien.

Sprinkling RFID sensor tags from the Sky (SmartMobs mars 2006)

http://www.smartmobs.com/archive/2006/03/20/sprinkling_rfid.html

³² Traduction du terme anglais « Smart Cities » voir sur ce point le site de William Mitchel au MIT.

<http://cities.media.mit.edu/>

L'Internet des objets joueront aussi un rôle essentiel dans la maîtrise des flux de véhicules dans les villes.

Un autre secteur d'application prometteur sera lié aux évolutions des réseaux énergétiques. Ainsi, l'un des axes technologiques du programme de relance de l'Administration Obama³³, repose sur le développement des technologies dites de « *réseau électrique intelligent* » (ou *Smart Grid*) qui utilisera des capteurs présents sur l'ensemble du réseau énergétique (ainsi que chez l'abonné) pour ajuster le transport et la fourniture d'énergie à la consommation des usagers. Outre une meilleure maîtrise de la consommation d'énergie, ce réseau électrique intelligent devrait assurer une meilleure intégration des différentes sources d'énergie y compris l'intégration de la production locale d'énergies renouvelables³⁴.

VIE PRIVÉE ET DROIT AU « SILENCE DES PUCES »

L'irruption de l'Internet dans la « vie de tous les jours³⁵ » soulève cependant de nombreuses questions sur les mesures que les créateurs de ces nouveaux services prendront pour éviter que la vie privée ne soit progressivement remise en question. À mesure que l'Internet épouse l'ensemble des activités quotidiennes des citoyens, la protection des libertés et de la vie privée devient plus essentielle encore. En effet, la convergence des technologies de mobilité, de géolocalisation et d'identification des objets pourrait installer auprès des citoyens des systèmes de plus en plus intrusifs. En effaçant progressivement les frontières entre individus connectés et non connectés, et en devenant « invisibles » pour leurs utilisateurs ces réseaux ubiquitaires ou encore cet « *Everyware* » pour reprendre le néologisme d'Adam Greenfield, pourrait aussi remettre en cause la notion même de vie privée³⁶. L'objectif d'une « *connectivité généralisée* » évoqué par l'ensemble des acteurs industriels de ce secteur, s'il est porteur d'espoirs économiques pourrait aussi se

³³ *Technology Gets a Piece of Stimulus* par Steve Lohr dans le *New York Times* du 26 janvier 2009.

http://www.nytimes.com/2009/01/26/technology/26techjobs.html?_r=1&ref=business&pagenanted=print

³⁴ Il est d'ailleurs à noter sur ce point qu'Éric Schmidt le PDG de Google ainsi que plusieurs acteurs de l'Internet ont souhaité que le réseau électrique puisse évoluer pour qu'il respecte lui aussi le « principe de neutralité » et permette à terme à aux utilisateurs de produire localement de l'énergie et non plus seulement d'acheminer l'électricité depuis les grandes centrales.

³⁵ Voir sur ce point ; « *Des puces pour suivre nos aliments jusque dans le frigo* » par Olivier Truc article paru dans le journal *Le Monde* du 18 novembre 2006.

http://www.lemonde.fr/web/imprimer_element/0,40-0@2-651865,50-836014,0.html

³⁶ *The Brave New World of Ambient Intelligence : An Analysis of Scenarios regarding Security, Security and Privacy Issues* par Friedewald, Vildjiounaite, Punie, Wright. *Security in Pervasive Computing. Proceedings of the Third International Conference, SPC 2006, York, UK, April 18-21, 2006. Springer.*

transformer en perspective « orwellienne » si des précautions n'étaient pas prises pour s'assurer que les citoyens en gardent la maîtrise.

En effet, les étiquettes RFID les plus simples sont composées d'une puce et d'une antenne et ne disposent d'aucune pièce mobile qui pourrait subir une détérioration, ni d'aucune source d'énergie. Ces puces ne sont activées que lorsqu'elles reçoivent la brève impulsion électromagnétique nécessaire à leur lecture. En théorie, ces puces RFID bénéficient d'une longévité qui leur permettrait de « survivre » à plusieurs générations d'utilisateurs. Les puces RFID devraient bientôt se compter par milliards autour des individus et pourraient ainsi « parler » sans que leurs utilisateurs puissent les contrôler³⁷. La captation d'informations à l'insu des usagers des puces RFID³⁸ est le risque le plus souvent évoqué par les opposants au développement de la RFID. Pour prévenir ce risque, plusieurs solutions ont été envisagées. La plus radicale consiste à détruire les puces lors de la vente d'un objet afin de limiter « en amont » leurs usages aux seules fonctions de logistique. Cette destruction éliminerait alors la possibilité de mettre en place des services « en aval » (après la vente des produits) et priverait d'une opportunité de croissance l'ensemble du secteur des technologies.

L'un des objectifs prioritaires de l'Union est que les technologies de l'Internet des objets puissent rester sous le contrôle des citoyens et qu'elles ne puissent être perçues comme une menace pour leur vie privée. Cet objectif sera crucial tant d'un point de vue politique qu'économique. Si la confiance des citoyens envers ces innovations devait être remise en cause, ces technologies ne pourraient connaître aucun développement significatif. Les pays de l'Union Européenne ont ainsi choisi d'organiser une concertation afin de déterminer les principes et valeurs qui devront prévaloir au sein de l'Internet des objets. En plus des principes généraux de l'architecture de l'Internet déjà défendus par l'Union européenne que sont l'interopérabilité, l'ouverture et la neutralité de l'Internet, il convenait d'intégrer les principes de protection de la vie privée au sein même de l'architecture de ces technologies. À l'issue de la réunion ministérielle de Nice, les pays de l'Union ont souhaité que soit créé un nouveau droit pour la protection des citoyens, un droit à la désactivation des puces, que l'on nomme désormais le droit au « silence des puces ». L'architecture des puces RFID devrait ainsi intégrer dès sa conception le principe de consentement préalable de l'utilisateur, ou « *opt-in* ». Ce principe qui prévaut déjà au sein de l'Union européenne en matière de gestion des données personnelles sur Internet pourrait ainsi être

³⁷ « En 2010, on comptera environ 10 000 puces RFID et leurs dérivés pour chaque homme, femme et enfant sur la planète. » Source *Forum for the Future : Connected ICT and sustainable development* par Peter Madden, Ilka Weißbrod, avril 2008.

<http://www.forumforthefuture.org/files/Connected.pdf>

³⁸ Cette capture d'information appelée en anglais « *skimming* » est considérée comme un délit dans plusieurs États américains.

étendu à l'Internet des objets. Le scénario retenu correspondrait à la désactivation systématique (et réversible) des puces sur le point de vente, laissant par la suite la possibilité de réactiver volontairement (et au cas par cas) les puces pour accéder aux services qui seraient jugés utiles. Cette désactivation nécessitera une modification de l'architecture des puces RFID qui pour l'instant sont le plus souvent non-désactivables³⁹. Les technologies de protection de la vie privée⁴⁰ pourraient ainsi devenir la base d'un standard européen de qualité pour les services de l'Internet mobile et de l'Internet des objets. Ce principe rendrait possible la mise en place d'un marché européen des mesures de protection des utilisateurs qui constituerait un facteur incitatif pour les entreprises souhaitant investir dans ces domaines.

VERS UNE GOUVERNANCE EUROPEENNE

Un autre aspect crucial du développement de ces technologies est lié à la gouvernance des infrastructures critique de l'Internet des objets. La gouvernance de l'Internet (et en particulier la gouvernance des noms de domaine) avait été au centre des débats du premier Sommet des Nations Unies sur la Société de l'Information et avait donné lieu à des tensions autour du contrôle qu'exercent les États-Unis sur les infrastructures critiques du DNS. La gouvernance de l'Internet des objets (et en particulier la gouvernance de l'ONS) pourrait revêtir une importance plus cruciale encore pour les acteurs publics comme pour les entreprises. S'il devenait possible grâce aux technologies de l'Internet des objets de connaître les mouvements de tous les objets et personnes sur l'ensemble de la planète, le gouvernement qui contrôlerait ce système détiendrait un pouvoir qu'aucun gouvernement n'a jusqu'ici rêvé de posséder⁴¹.

Les pays de l'Union ont donc souhaité que pour l'Europe les infrastructures de gestion de l'Internet des objets européen soient localisées sur le territoire de l'Union. Il s'agit à la fois d'assurer à l'Europe une souveraineté sur ses ressources critiques et de protéger les données sensibles des entreprises et des citoyens. Parmi ces infrastructures « clés », figure celle qui

³⁹ L'introduction de fonctions de désactivation pourrait constituer un surcoût initial pour les constructeurs, cependant les économies d'échelle induites par la montée en puissance de ces technologies devraient permettre dans les prochains mois de produire des puces réinscriptibles à des coûts similaires à ceux des puces non réinscriptibles.

⁴⁰ Aussi appelées *Privacy Enhancing Technologies* ou PET.

⁴¹ Comme l'avait rappelé le rapport de la Commission pour la libération de la croissance présidée par Jacques Attali, les ressources critiques de l'Internet des objets devront être gérées par des structures européennes. cf. Décision 55 : « *Veiller à l'indépendance et à la confidentialité de l'opérateur gérant les identités d'Internet des objets (Radio frequency identification – RFID), qui offrira la possibilité de tracer l'identité et les flux de transactions.* »

<http://www.liberationdelacroissance.fr/files/rapports/rapportCLCF.pdf>

permettra de relier entre eux les objets et les informations qui seront stockées sur Internet. Cet « annuaire des objets » ou *Object Naming Service (ONS)* était jusqu'ici géré uniquement depuis les États-Unis. Sous l'impulsion de la France, une première « racine » européenne de l'ONS a été mise en place par *Orange Business Services* et *GS1 France*. Enfin, à l'issue du Conseil des Ministres Européens des Télécommunications, le principe d'une gestion décentralisée des ressources de l'Internet des objets a été adopté par les pays membres de l'Union. L'étape suivante correspondra à une évolution du code de l'ONS pour qu'il intègre une gestion multilatérale des racines (encore appelée gestion distribuée ou "peer to peer"). Cette évolution nécessitera des travaux de R&D importants à l'échelle des pays de l'Union mais elle constitue un passage obligé pour éviter que se reproduise sur l'Internet des objets la situation de gouvernance « unilatérale » qui a prévalu sur l'Internet des « machines »⁴².

INTERNET DES OBJETS : LES DEFIS EUROPEENS

Les technologies de l'Internet des objets pourraient constituer une opportunité « historique » pour les économies Européennes⁴³. Si l'Union européenne possède des opérateurs télécommunication de taille mondiale, elle accuse cependant un net retard en termes de création de services à haute valeur ajoutée sur Internet. L'évolution vers l'Internet des objets pourrait être pour l'Europe l'occasion de modifier le centre de gravité de l'économie de l'Internet. En déplaçant la plateforme de l'Internet depuis les ordinateurs vers les systèmes téléphoniques mobiles, l'ensemble de l'écosystème industriel des technologies pourrait se trouver modifié, notamment celui des services en ligne. Dans ce domaine, c'est en aidant l'ensemble des entreprises du secteur de l'Internet mobile et de l'Internet des objets, et en particulier les PME, à bénéficier plus directement de la commande publique qu'il sera possible de favoriser le développement de ce secteur. Celles-ci auront en effet un rôle décisif à jouer dans la création de ces nouveaux services.

L'Union Européenne pourrait ainsi avoir pour objectif de devenir le berceau des nouvelles générations de services de l'Internet des objets. Dans cette perspective, l'Europe possède déjà plusieurs atouts décisifs. Ainsi, le continent européen dispose de l'un des plus importants marchés unifiés des communications mobiles avec plus de 100 millions d'abonnés « 3G » et plus

⁴² Voir sur ce point le rapport *L'Internet des Objets : Quels enjeux pour les Européens ?* par Pierre-Jean Benghozi et Sylvain Bureau (Polytechnique – CNRS) et Françoise Massit-Folléa (FMSH) octobre 2008.

www.internet2008.fr/IMG/pdf/benghozi_massit-follea_Rapport_IdO-fr.pdf

⁴³ *From Internet of Data to Internet of Things* par Gérald Santucci (Commission Européenne / International Conference on Future Trends of the Internet, 28 janvier 2009).

http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/Iotconferencespeech012009.pdf

de 550 millions d'abonnements traditionnels. L'Europe possède aussi un patrimoine culturel, géographique et touristique unique au monde. À mesure que se développeront de nouveaux services géolocalisés, ces richesses combinées deviendront les moteurs du développement des services (et des emplois) liés à l'Internet. Or, c'est précisément ce patrimoine qui constituera l'un des facteurs clés de la valorisation des services qui seront développés grâce à ces technologies. Un autre avantage des technologies de l'internet des objets est qu'elles permettront la création d'un tissu d'emplois locaux dans les domaines du tourisme, des services de proximité ainsi que des activités liées au développement durable. Pour l'essentiel, les métiers liés aux services sur Internet peuvent être effectués à distance des consommateurs. À l'inverse, l'Internet des objets nécessitera une expertise locale pour développer des services de proximité, que ces services soient liés à la valorisation du patrimoine culturel ou géographique ou encore à la préservation de l'environnement. Les emplois ainsi créés, à la différence de ceux qui existent pour les services sur Internet, seront beaucoup moins délocalisables. Cela pourrait inciter les acteurs publics et les entreprises européennes à mettre en œuvre d'importants programmes de R&D dans ces domaines.

L'Europe doit désormais être en mesure de façonner le devenir économique, culturel et politique de l'Internet des objets. Ainsi, qu'il s'agisse de développement des nouveaux usages culturels, de maîtrise des risques environnementaux ou de protection des libertés, l'un des volets essentiels du développement de l'Internet des objets correspondra à l'éducation ainsi qu'à la sensibilisation des citoyens. Plus qu'une nouvelle phase dans le développement des technologies, l'Internet des objets correspondra à l'introduction de ces technologies dans la totalité des champs de l'activité et de l'expérience humaine. Les conséquences et les modalités de cette « irruption » devront être déterminées par l'ensemble des acteurs publics et privés, mais plus encore par les citoyens eux-mêmes. Un autre volet crucial de ce développement sera lié à la valorisation du patrimoine culturel européen. En effet, plus qu'un vecteur supplémentaire d'information, l'Internet des objets pourrait bientôt devenir le « *prisme* » par lequel la réalité culturelle, sociale et politique sera perçue par les citoyens.

bernard.benhamou@recherche.gouv.fr