

1. Internet des objets

1.1. Introduction

Alors qu'Internet ne se prolonge habituellement pas au-delà du monde électronique, l'Internet des objets connectés représente les échanges d'informations et de données provenant de dispositifs présents dans le monde réel vers le réseau Internet.

Considéré comme la quatrième évolution de l'Internet, baptisée Web 4.0 qui fait suite à l'ère du Web sémantique, l'Internet des objets revêt un caractère universel pour désigner des objets connectés aux usages variés, dans le domaine de la e-santé ou de la domotique.

L'Internet des objets est en partie responsable d'un accroissement exponentiel du volume de données générées sur le réseau, à l'origine du Big Data.

Du fait des smartphones puis du nombre croissant d'objets connectés, d'ici dix ans (2015-2025) 150 milliards d'objets devraient se connecter entre eux, avec l'Internet et avec plusieurs milliards de personnes.

1.2. Histoire

L'Internet des objets est apparu afin de connecter des machines à des serveurs capables de les superviser (ces machines étant notamment des ordinateurs mis en réseau dans ce que certains ont nommé l'« Internet des machines »). Peu à peu des objets ont été modifiés (avec des puces RFID¹ par exemple) ou conçus pour « parler le protocole IP² », devenant des « objets connectés », reliés à des serveurs centralisés et/ou capables de communiquer entre eux et/ou avec des réseaux de serveurs et divers acteurs, d'une manière de moins en moins centralisée.

L'explosion du nombre de smartphones et de connexions a créé un marché nouveau aux opportunités quasi-infinies. En 2016, 5,5 millions d'objets sont connectés chaque jour dans le monde. Un nombre qui pourrait rapidement dépasser la barre des milliards, d'ici à 2020.

1.3. Définition

L'Internet des objets est « un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et sans fil, d'identifier et de communiquer numériquement avec des objets physiques afin de pouvoir mesurer et échanger des données entre les mondes physiques et virtuels. »

D'autres définitions insistent sur les aspects techniques de l'IdO (« des objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés »), d'autres portent sur les usages et les fonctionnalités (« la convergence des identifiants numériques ») tant qu'il devient possible d'identifier de manière unifiée des éléments d'information numérique (adresses) et des éléments physiques (une palette dans un entrepôt, ou un animal dans un troupeau).

1.4. Composants systèmes

L'Internet des objets n'est pas une technologie mais un système de systèmes où l'intégration de tous les composants induit une complexité que l'interopérabilité diminue mais n'évite pas. La gestion des

1 radio frequency identification

2 Internet Protocol

interfaces y est déterminante. Voici les principaux systèmes technologiques nécessaires au fonctionnement de l'IdO :

	Enjeux	Technologies anciennes	Technologies récentes
Identification	Reconnaître chaque objet de façon unique et recueillir les données stockées au niveau de l'objet.	Codes barre, solutions RFID simples, URI, coordonnées GPS	Solutions RFID complexes, onde acoustique de surface, puces optiques, ADN
Capteurs	Recueillir des informations présentes dans l'environnement pour enrichir les fonctionnalités du dispositif.	Luxmètre, capteur de proximité, thermomètre, hydromètre...	Accéléromètre, gyroscope, capteurs miniaturisés nanotechnologies
Connexion	Connecter les systèmes entre eux.	Câbles, radio...	Bluetooth, communication en champ proche, Wi-Fi, ZigBee...
Intégration	Intégrer les systèmes pour que les données soient transmises d'une couche à l'autre.	Middleware...	Middleware évolués, analyse décisionnelle des systèmes complexes
Traitement de données	Stocker et analyser les données pour lancer des actions ou pour aider à la prise de décisions.	Base de données, tableur, Progiciel de gestion intégré, Gestion de la relation client...	Entrepôt de données 3D (compatible avec les puces RFID), Web sémantique...
Réseaux	Transférer les données dans les mondes physiques et virtuels.	Internet, Ethernet...	Réseau EPCglobal...

1.5. Normes et standards

En l'absence de protocoles et de standards universels, le développement de l'internet des objets présente le risque de réduire l'iot à un patchwork de réseaux propriétaires et incompatibles, chacun dédié soit à une application particulière, soit à un groupe d'utilisateurs donnés.

1.5.1. Codes-barre, EAN

Les entreprises pionnières en matière de technologie RFID se sont heurtées à ce problème dès les années 1990. L'utilisation de marqueurs RFID a rapidement mené au succès de nombreuses applications propriétaires.

Dans le milieu de la grande distribution, un standard s'est imposé depuis les années 1970 pour l'identification des produits : le code EAN³. Il s'agit du code-barres que l'on trouve sur la grande majorité des produits de consommation courante. Un code EAN ne permet toutefois d'identifier qu'une

3 European Article Numbering

classe de produits (« un paquet de chewing-gum Malabar » : tous les paquets portent le même code) et non les instances individuelles de cette classe (« le paquet de chewing-gum Malabar n° 42 » : chaque paquet porte un code individuel unique qui le distingue de tous les autres). Or, une telle distinction au niveau individuel est indispensable à l'émergence de l'Internet des objets.

1.5.2. Système EPC

Le système EPC⁴ est souvent considéré comme directement lié à la technologie RFID. En effet, la standardisation d'un système d'identification au niveau de l'article individuel s'est avérée indispensable dans ce domaine. Il peut aisément prendre la forme d'un code-barres standard ou bidimensionnel (par exemple, Data Matrix ou QR⁵ Code), ou simplement d'une suite de caractères numériques.

Le système EPC possède donc toutes les caractéristiques nécessaires pour servir de langage de base commun à l'Internet des objets : une identification individuelle et unique des objets, associée à la large diffusion d'un système standardisé.

2. Web des objets

2.1. Introduction

Dans le Web des objets, les technologies populaires du Web (HTML, JavaScript, AJAX, ...) peuvent être utilisées pour développer des applications qui font appel à des objets intelligents. Les utilisateurs peuvent se servir des mécanismes Web bien connus (la navigation, la recherche, l'étiquetage, la mise en cache, les liaisons) pour interagir avec eux.

De multiples prototypes utilisent ces principes, dans un environnement de capteurs, de systèmes de supervision d'énergie et d'objets RFID sur le Web.

Le tableau suivant récapitule l'évolution du Web, du Web 1.0 au Web 4.0 (Web des objets).

	Date apparition	Description	Technologies
Web 1.0	1995	Page HTML statique	HTML, HTTP
Web 1.5	1997	Contenu HTML dynamique	Coté client (JavaScript, DHTML, Flash...), coté serveur (CGI, PHP, Perl, JSP...)
Web 2.0	2003	Partage d'information participatif, interopérabilité, conception centré sur l'utilisateur et collaboration sur le Web	Weblogs, wikis, podcasts, fils RSS, web services, ... URI, XML, RDF, OWL
Web 3.0	2008	Les définitions varient du Web sémantique à l'intelligence artificielle	Amélioration des technologies du Web 2.0
Web 4.0	2010	Tous les jours, des périphériques et des objets sont complètement intégrés au Web	Utilise les normes standards (URI, HTTP, Atom, REST...)

4 Electronic product code

5 Quick Response

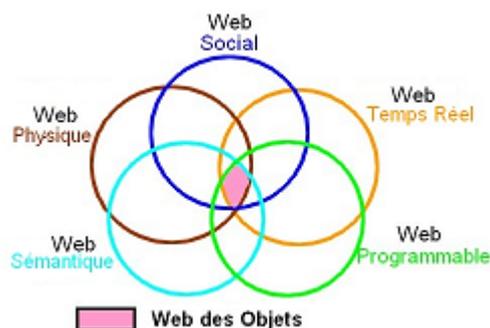
2.2. Définition

La notion du Web des objets est définie par une architecture commune et très utilisée telle que le World Wide Web afin d'y intégrer des objets physiques, permettant ainsi de combler le fossé entre les mondes physiques et numériques.

Ainsi tout objet connecté devient alors une ressource disponible sur le Web. Il peut donc à son tour être utilisé dans n'importe quelle application basée sur le Web, conçue pour interagir avec le monde physique.

Le Web des objets consiste essentiellement dans le développement de concepts, d'outils et de systèmes pour la création et l'exploitation de réseaux d'objets associés à des ressources embarquées (puces RFID, capteurs et actionneurs, installations informatiques complexes) accessibles par des services web :

- Le Web social
- Le Web physique
- Le Web sémantique
- Le Web temps réel
- Le Web programmable



Web social : partage des objets, des données ou des fonctionnalités vers une utilisation participative et collaborative.

Web physique : applications de géolocalisation.

Web sémantique : en-tête de métadonnées analysées et indexées par des moteurs de recherche pour permettre à des agents logiciels de partager, de réutiliser ou de combiner ces informations.

Real-Time Web : informations en temps réel livrées en temps opportun.

Web programmable : accès à des données brutes avec une interaction avec les objets physiques par le biais d'API ouvertes.

2.3. Objets intelligents

On définit les objets intelligents comme des objets du monde réel doués d'une capacité de communication. Ils sont également appelés « objets connectés » ou « objets communicants ».

Les objets intelligents sont généralement limités en puissance (CPU⁶, RAM⁷, mémoire flash, énergie). Typiquement, sur 1 cm², on trouvera un microprocesseur, très peu de RAM (quelques dizaines d'octets), un peu de mémoire flash (quelques douzaines de kioctets), des interfaces et un module radiofréquence ou CPL⁸. Lorsque ces objets disposent de piles et sont connectés en sans-fil, le point critique est leur consommation en énergie. Les flux de données sont souvent extrêmement limités (quelques paquets par minute, voire par mois), mais chaque bit transmis a un coût énergétique, et l'objet intelligent doit rester autonome (sans remplacement de pile) pendant 5 à 10 ans.

6 central processing unit

7 Random access memory

8 Courants porteurs en ligne

2.3.1. Systèmes embarqués connectés (SEC)

Tout appareil possédant une puissance de calcul limitée et/ou une source d'énergie restreinte, équipé d'une interface de communication avec ou sans fil et de divers capteurs ou actionneurs, est un système embarqué connecté. Il existe une quantité de systèmes embarqués connectés :

- Sun Spot
- Arduino
- Raspberry Pi
- ...

2.3.2. Capteurs intelligents ou futés

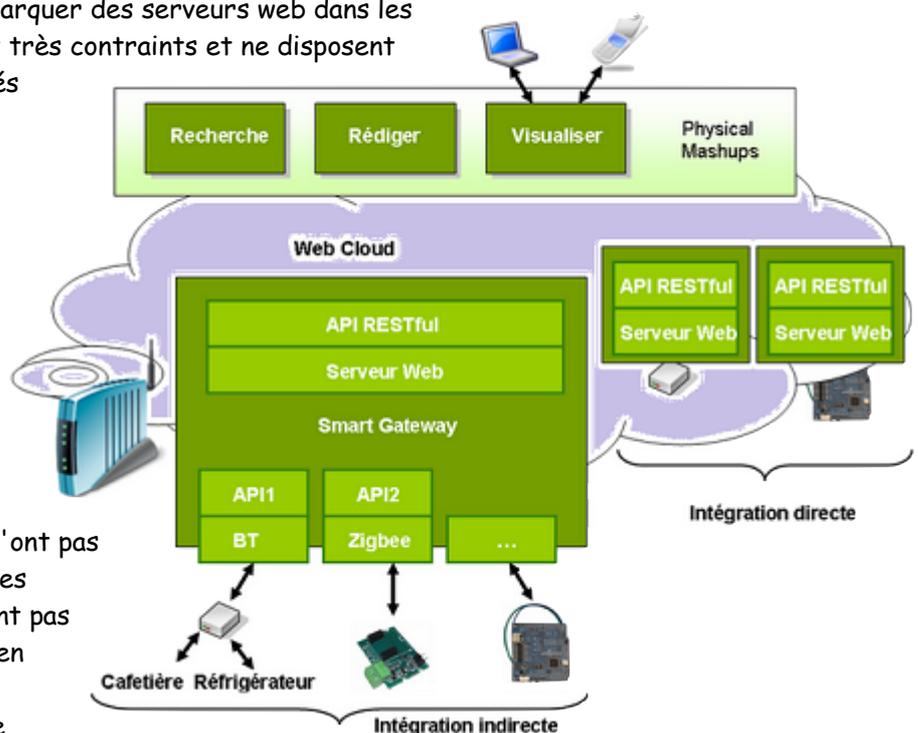
Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique mesurée (température, pression, niveau) en une grandeur utilisable (intensité électrique, position d'un flotteur) à l'aide d'au moins un transducteur.

Le qualificatif intelligent correspond principalement à l'intégration dans le corps du capteur d'un organe de calcul interne (microprocesseur, microcontrôleur), d'un système de conditionnement du signal (programmable ou contrôlé) et d'une interface de communication bidirectionnelle.

2.4. Intégration des objets au Web

Le Web des objets propose d'embarquer des serveurs web dans les environnements systèmes qui sont très contraints et ne disposent pas d'écran. Une des particularités communes à ces serveurs Web embarqués est qu'ils utilisent le concept d'AJAX⁹. Ce modèle d'application Web permet de construire des applications Web et des sites Web dynamiques interactifs depuis un poste client à travers le protocole HTTP¹⁰.

Dans le cas des objets intelligents limités en ressources, notamment ceux qui n'ont pas de connexion filaire, les besoins des protocoles TCP/IP et HTTP ne sont pas adaptés car trop consommateurs en termes d'énergie, de calcul, de mémoire et de bande passante. De plus, certains objets intelligents ne les supportent pas nativement. C'est généralement le cas des réseaux de capteurs sans-fil. Dans ce cas, l'intégration du monde physique (objets intelligents) au Web passe par l'utilisation d'un reverse-proxy. Il sert de passerelle entre le réseau interne (les objets qui ne communiquent pas via IP) et le Web.



9 Asynchronous JavaScript and Xml

10 HyperText Transfer Protocol

2.5. Du compendium Web 2.0 au compendium physique

De nombreux systèmes ont été proposés pour intégrer des systèmes de capteurs à Internet. Ils sont conçus comme un service web qui permet à des personnes de connecter et partager en temps réel les données de leurs capteurs et de les transmettre vers un serveur central.

Ces approches sont basées sur un référentiel centralisé et les objets intelligents doivent être enregistrés avant de pouvoir publier des données. Les objets intelligents sont considérés comme des acteurs passifs qui sont seulement autorisés à transmettre des données. Ce type d'application concerne davantage le stockage et la récupération de données, ce n'est pas suffisamment évolutif, et donc moins adapté au Web des objets.

L'un des buts du Web des objets est d'amener ces derniers au plus proche du Web et de faciliter leurs utilisations dans des applications composites afin de créer facilement des applications légères et dynamiques utilisant plusieurs services du Web.

3. Le botnet des objets

Une attaque de grande ampleur a eu lieu le vendredi 21 octobre 2016, mettant hors service pendant quelques heures plusieurs grands sites Internet comme Amazon, Netflix, Twitter, Reddit, Spotify ou Tumblr. Ces sites n'étaient pas directement sous le coup d'une attaque, ils ont été les victimes collatérales d'une attaque contre un service DNS¹¹, qui permet de corréler un nom de domaine (comme "projet.eu.org") en une adresse IP et vice versa.

Il s'agissait d'une attaque par déni de service distribué (DDoS) ayant pour but de rendre un service indisponible en le noyant d'informations inutiles. L'attaque s'appuyait principalement sur le botnet Mirai : un malware qui a pris le contrôle de réseaux de machines pour mener une attaque coordonnée. Traditionnellement, les machines infectées étaient des ordinateurs dont les mises à jour de sécurité n'avaient pas été faites. Mais les progrès en matière d'antivirus et de solutions d'atténuation d'attaques DDoS limitent aujourd'hui sérieusement l'intérêt d'utiliser un botnet constitué d'ordinateurs (long et difficile à mettre en place) pour ce type d'opération (peu rentable car les rançons sont désormais rarement payées).

La différence avec Mirai, c'est qu'il s'attaque aux objets connectés. Son modus operandi consiste à parcourir Internet en cherchant à se connecter à toutes les adresses telnet qu'il trouve avec une liste de 62 logins/mots de passe par défaut (dont le classique admin/admin). Une fois l'appareil infecté, Mirai en bloque certains ports pour empêcher qu'on en reprenne le contrôle. De plus, contrairement aux ordinateurs, un botnet d'objets connectés n'a aucune utilité réelle autre qu'effectuer des attaques par déni de service. Le fait que les objets connectés ont tendance à être allumés 24h/24 et 7j/7 facilite aussi cet usage.

Code source de Mirai : <https://github.com/jgamblin/Mirai-Source-Code>

11 système de noms de domaine