

## Objets communicants & Internet des Objets



Aujourd'hui, on utilise de nombreux objets communicants dans notre quotidien.

Nous sommes entourés de ces appareils pouvant communiquer avec leur environnement et échanger des données, qui nous offrent de plus en plus de services facilitant nos activités, et avec lesquels nous interagissons fréquemment.

Ils sont en train de transformer nos habitudes, nos comportements, et plus globalement nos sociétés en général.

Les objets communicants sont d'une grande variété : ils peuvent aller d'une simple carte à puce, comme les cartes sans contact qu'on utilise pour accéder aux transports en commun, ou bien les smartphones, qui sont aujourd'hui de véritables petits bijoux de technologie offrant beaucoup plus de services que la simple téléphonie, ou encore les télévisions connectées qui sont capables d'aller chercher des contenus sur Internet pour notre plus grand bonheur, etc ....

Ces objets communicants vont se retrouver dans tous les domaines, allant du domaine grand public tels les objets de nos maisons, qui deviennent de plus en plus intelligents, jusqu'à la ville intelligente d'une manière générale.

Le monde industriel va être révolutionné grâce à ces nouveaux objets, qui vont offrir plusieurs opportunités économiques pour un marché colossal se chiffrant en milliards d'euros, et qui intéresse tous les acteurs des NTICs.

## Qu'est-ce qu'un objet communicant ?



- ✓ Un dispositif pouvant interagir avec son environnement disposant
  - \* D'une unité de calcul - traitement
  - \* D'un ou plusieurs périphériques de communication
  - \* D'un ensemble de capteurs – actionneurs

Mais qu'appelle-t-on un objet communicant ?

On peut définir un objet communicant comme un appareil pouvant interagir avec son environnement en répondant à des stimuli, et échanger avec ses pairs en utilisant un support de communication.

Un objet communicant est doté d'une unité de calcul, plus ou moins sophistiquée selon l'objectif souhaité, et d'un ou plusieurs périphériques de communication qui vont permettre à cet objet d'envoyer et de recevoir des données de l'extérieur.

En plus d'un ensemble de capteurs qui vont jouer le rôle de périphériques d'entrée, tels un capteur de luminosité ou un capteur de mouvement, ils possèdent également un ensemble d'actionneurs, ou périphériques de sortie, comme le bras motorisé d'un robot, ou tout simplement un écran d'affichage sur un smartphone.

Les périphériques de communication peuvent être filaires ou sans fil.

## Qu'est-ce qu'un objet communicant ?



- ✓ À l'horizon 2020  
plusieurs milliards d'objets connectés  
formeront l'Internet des objets

On s'attend à avoir plusieurs dizaines de milliards d'objets communicants à l'horizon de l'an 2020. Ils élargiront l'accès à l'information des périphériques classiques, et dans ce cas on va plutôt parler « d'Internet des Objets ».

## Qu'est-ce que l'Internet des objets ?



- ✓ **L'Internet des objets est un ensemble**
  - \* De concepts
  - \* D'entités réseau
  - \* D'architectures de communication
  - \* De services

**permettant la connexion du monde  
Physique (*réel*) au monde Digital**

Un ensemble de concepts, d'entités réseau, de technologies et d'architectures de communications et de services permettant la connexion du monde physique/réel au monde digital.

## Qu'est-ce que l'Internet des objets ?



- ✓ **Une vision à court et moyen terme**
  - \* Une extension du modèle de communication Internet TCP/IP vers de nouveaux objets
- ✓ **Une vision à long terme**
  - \* Création de nouveaux modèles de communication adaptés aux nouvelles contraintes de l'Internet des objets

- Une vision à court et moyen terme :

Une extension du modèle de communication Internet TCP/IP vers de nouveaux objets

\* objets du quotidien dotés d'une interface de communication,

\* ou nouveaux objets conçus pour l'acquisition d'informations de l'environnement.

- Une vision à long terme :

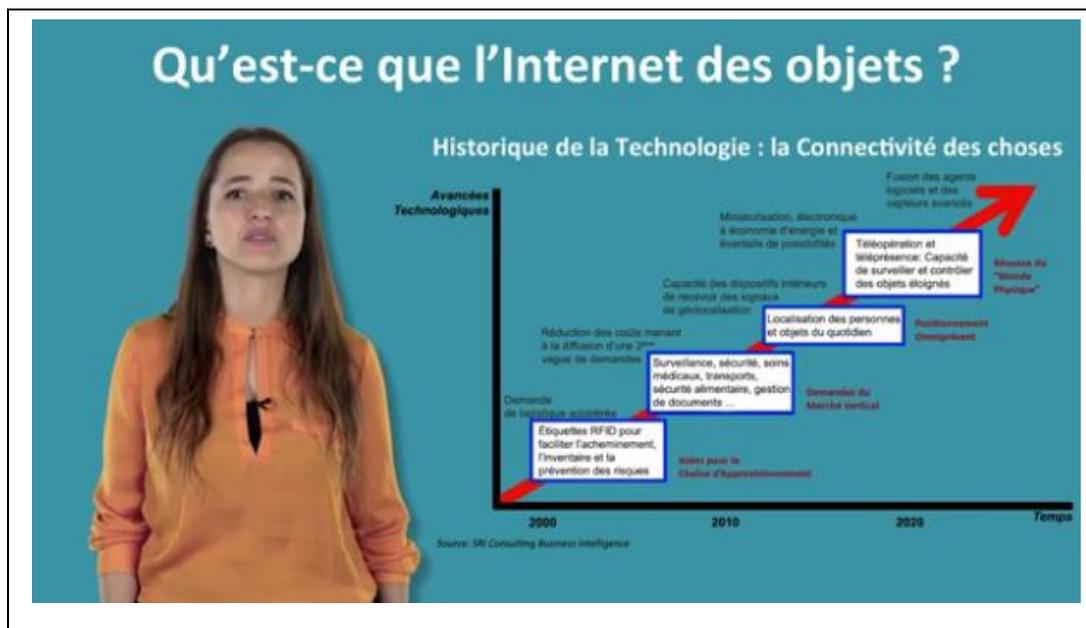
Création de nouveaux modèles de communication adaptés aux nouvelles contraintes de l'Internet des Objets

\* Objets avec ressources réduites comme l'énergie

\* Explosion du nombre d'objets connecté



Quand on parle de l'Internet des Objets, on retrouve l'historique du terme qui démarre au MIT dans le cadre de travaux du AutoID lab sur les aspects digitalisation des processus dans les grandes chaînes de distribution. Ensuite vient le premier rapport en 2005 du monde des télécommunications par l'ITU, l'organisme mondial de standardisation des télécommunications.



L'évolution technologique autour de l'Internet des Objets, comme indiqué sur la figure de SRI Business Consulting Intelligence, montre bien les premières applications de l'IoT dans le milieu des chaînes de distribution, avec l'introduction massive de la technologie RFID. Les prochaines applications sont autour de l'exploitation des technologies de capteurs, ensuite les services basés sur les informations de localisation, et sur l'horizon 2020 on attend des services de contrôle-commande à distance des objets connectés dans différents secteurs verticaux.

## Exemples de domaines d'application

✓ Maison intelligente

\* Optimisation et contrôle de l'énergie



✓ Transports intelligents

\* Optimisation de la sécurité routière en temps réel



✓ Usines intelligentes

\* Surveillance des équipements de production en temps réel





L'une des applications phares, qui touche un large public, est certainement la maison intelligente ou « bâtiment intelligent », avec ses nombreux objets communicants qui vont offrir de nouveaux services domotique, pour un meilleur contrôle des équipements et une utilisation optimale de l'énergie.

La température ambiante intérieure sera contrôlée à la fois en fonction de la température extérieure et en fonction de la présence de personnes dans la maison. De même, éclairer, climatiser des locaux en l'absence de personne physique dans la maison sera inutile.

Un autre exemple d'application est celui des transports intelligents. Nos voitures embarquant de nombreux équipements électroniques seront bientôt communicantes, et pourront dialoguer entre elles, ainsi qu'avec les infrastructures de la route.

Cet échange permettra d'améliorer la sécurité routière en offrant des informations pertinentes en temps réel aux conducteurs, pour éviter des accidents ou des embouteillages.

Cette meilleure gestion des transports aura un impact très fort sur l'économie. Le monde du travail et le monde industriel seront aussi impactés par les objets communicants connectés. Les usines intelligentes, truffées de capteurs communicants, collecteront des données en temps réel et surveilleront ainsi l'état des différents équipements entrant dans le processus de production.

## Exemples de domaines d'application



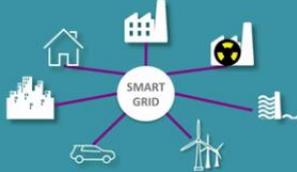
✓ Santé et Prévention

\* Capteurs « wearables » et services autour de la personne



✓ Smart Grid

\* Distribution d'énergie intelligente



✓ Identification - traçabilité

\* Transformation digitale de la grande distribution



Santé et Prevention/Health and Well being :

L'Internet des objets, avec les différents capteurs embarqués, soit à travers les Wearables ou des capteurs proche du corps, forment aujourd'hui une source d'information en temps réel d'une valeur inestimable pour l'innovation dans ce secteur.

On peut citer la Startup Française Withings, qui a développé dès le début de l'IoT la balance intelligente avec un coach en ligne à travers une application mobile.

Il est important de rappeler que l'explosion des services IoT autour de la personne ont été rendus possibles aussi grâce aux interfaces tactiles des smartphones et tablettes, sur lesquelles des applications mobiles avec des interfaces très ludiques rendent l'interaction entre l'utilisateur et le service très favorable au déploiement de ces réseaux IoT.

- Smart grid : l'un des domaines d'application de l'IoT est le secteur de la distribution d'énergie intelligente, dit « Smart Grid ». En France, ERDF est très actif dans le développement de ce domaine, où un besoin clair en récupération d'information à différents points du réseau électrique est devenue nécessaire pour une meilleure intégration des différentes sources d'énergies et une meilleure gestion de la distribution jusqu'aux utilisateurs finaux.

- Identification et traçabilité :

La transformation digitale dans le secteur des grandes chaînes de distribution, avec le déploiement massif de la technologie RFID, qui sert à l'identification radiofréquence et qui a permis de considérer une autre option que le code barre, nécessitant une lecture en ligne directe infra-rouge.

La chaîne de distribution, en impliquant cette technologies depuis les usines de fabrication des produits jusqu'à l'utilisateur final acheteur de ce produit, garantit une traçabilité par produit et non pas par gammes de produits (comme c'est le cas du code barre), et a permis le développement de services très innovants autour des systèmes d'inventaires, rendant ainsi le processus d'identification des produits et le système d'inventaire plus rapide et moins coûteux.

# Architectures de communication réseau

- ✓ Utilisation de l'architecture IP de bout en bout
- ✓ Interopérabilité avec le monde Internet

The diagram illustrates a network architecture. On the left, a man in a light blue shirt is speaking. To his right is a network diagram. A pink cloud labeled 'Champ des capteurs' (sensor field) contains several white nodes connected by lines, labeled 'Nœuds des capteurs' (sensor nodes). A white square labeled 'Passerelle' (gateway) is connected to the nodes. A blue arrow points from the gateway to a purple cloud labeled 'Internet'. Above the Internet cloud is a server icon labeled 'Observateur' (observer), with a blue double-headed arrow connecting it to the Internet cloud.

- ✓ IPv6 permet d'adresser un nombre d'objets quasi illimité
- ✓ **Problème**  
IPv6 est non adapté aux capacités de calcul et de bande passante des petits objets communicants

Une première approche consiste à utiliser la même architecture du monde Internet, avec sa pile de protocoles de communication, et de l'appliquer tout simplement au monde des objets communicants.

En effet, le succès de l'utilisation du protocole IP, dans sa version IPv4, provient du fait qu'il a permis à des systèmes informatiques hétérogènes de dialoguer ensemble et d'être accessibles à distance à l'échelle planétaire.

Malheureusement, aujourd'hui on arrive à l'épuisement de son espace d'adressage, limité à quatre milliards d'adresses. IPv4 ne pourra donc pas satisfaire les besoins des réseaux des objets communicants et attribuer une adresse IP à chacun d'entre eux.

Devant cette pénurie, IPv6 semble être le standard adéquat qui permettrait de répondre aux besoins du monde de ces nombreux objets connectés. Avec IPv6, l'adressage des objets sera quasi illimité.

Toutefois, IPv6 n'est pas adapté à une utilisation par des petits objets, ayant des contraintes de capacités de calcul et une bande passante de communication assez limitée.

# Architectures de communication réseau



✓ L'IETF a mis au point un ensemble de protocoles moins gourmands en ressources, tels que :

- ★ **6LoWPAN** (*IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network*)
- ★ **COAP** (*Constrained Application Protocol, protocole d'application contraint*)



Pour répondre à ce besoin, l'IETF a mis au point un ensemble de protocoles de communication moins gourmand en ressources.

6LoWPAN, qui est en fait une couche d'adaptation pour IPv6, et COAP, qui est une adaptation du protocole HTTP.

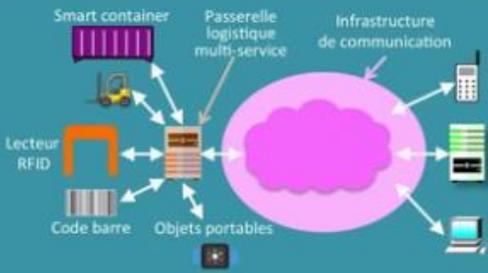
6LoWPAN est le standard de communication, niveau réseau, pensé à l'origine pour fonctionner au-dessus des couches de communication radio à très faible débit, suivant le standard IEEE 802.15.4.

C'est une couche qui définit principalement les mécanismes de compression et d'adaptation des entêtes d'IPv6 au monde des réseaux de communication, avec des contraintes de bande passante et d'autonomie. Cette illustration donne un aperçu sur cette pile de protocoles utilisant IP pour des réseaux d'objets communicants.

# Architectures de communication réseau



- ✓ Pour permettre la connectivité immédiate au réseau, l'approche passerelle est proposée
  - \* Exemple : passerelle sémantique
- ✓ L'architecture RFID pour les solutions d'inventaire et de traçabilité dans les chaînes de distribution



- La prolifération d'objets connectés augmente l'hétérogénéité des entités et systèmes de communication.

Pour permettre la connectivité immédiate au réseau, l'approche passerelle est proposée.

Exemple : passerelle sémantique.

On peut citer l'architecture RFID pour les solutions d'inventaire et de traçabilité dans les chaînes de distribution.

On peut citer les initiatives industrielles essayant de mieux maîtriser l'hétérogénéité dans l'IoT, ALLSEEN avec ALLJOYN, qui a la propriété de travailler avec la communauté de l'OpenSource pour rendre l'intégration de différents équipements interopérables.

## Quelques normes et standards



- ✓ **Wi Fi**
  - \* IEEE 802.11
  - \* Débit en dizaines de mégabits par seconde
  - \* Consommation électrique importante

- ✓ **Bluetooth**
  - \* Faible portée
  - \* Débit en centaines de kilobits par seconde
  - \* Version 4.2 plus puissante permettra aux objets connectés de dialoguer avec un routeur
  - \* Faible consommation électrique

- ✓ **Zigbee**
  - \* Low rate PAN Zigbee – IEEE 802.15.4
  - \* Conçue pour des équipements à faible consommation électrique
  - \* Débit maximum de 250 kilobits par seconde
  - \* Paquets de 127 octets maximum
  - \* Protocole de routage mesh
  - \* Version Zigbee IP supporte 6LoWPAN d'IPv6

On distingue plusieurs technologies de communication sans fil utilisées par les objets communicants.

1/ La première est la technologie WiFi (correspondant à la famille des standards IEEE 802.11) qui équipe aujourd'hui tous les nouveaux smartphones, et est utilisée principalement par les réseaux locaux sans fil.

Le Wifi permet l'accès à Internet avec des vitesses de transfert atteignant facilement des dizaines de méga bits par seconde. Il est caractérisé par une consommation relativement importante, et donc une autonomie faible pour les équipements qui l'embarquent.

2/ La deuxième technologie est celle du Bluetooth, qui équipe également la plupart des terminaux intelligents. Un grand nombre d'objets communicants l'adopteront aussi. Elle est définie par le groupement d'intérêt Bluetooth, pour les réseaux sans fil personnel.

Dans ses versions de base, Bluetooth se caractérise par une communication à faible portée et un débit beaucoup plus faible que le WiFi, de l'ordre de quelques centaines de kilo bits par seconde.

Néanmoins dans sa dernière version 4.2, qui met l'accent sur les objets communicants, on promet des débits 2 fois et demi plus rapides que les versions précédentes, tout en ayant une faible consommation d'énergie. Des objets tels que les montres connectées, équipées de cette dernière version, seront capables de dialoguer directement avec un routeur, afin d'accéder à Internet en utilisant le protocole 6LowPan d'IPv6, sans passer par un smartphone.

3/ La troisième technologie se nomme Zigbee. Elle est basée sur le standard IEEE 802.15.4 pour les couches physique et liaison. Elle est définie par la Zigbee Alliance, et a été spécialement conçue pour des équipements à faible consommation d'énergie, avec un très bas débit n'excédant pas 250 kilo bits par seconde, et une taille de paquets ne dépassant pas 127 octets. Zigbee intègre un protocole de routage mesh, permettant une connectivité au-delà de la portée radio, en utilisant les nœuds intermédiaires comme relais et en utilisant un plan d'adressage qui

lui est propre. Cela dit, une version plus récente, Zigbee IP, supporte désormais les standards 6LowPan d'IPv6, ouvrant le champ de l'interopérabilité avec le reste du monde.



Pendant plusieurs années, les communications de courte portée comme ZigBee, WiFi, RFID, NFC et autres étaient les seules technologies et standards considérés dans les choix de technologies de communications.

Depuis trois ans, une technologie portée par une startup française, SigFox, nommée Ultra Narrow Band va révolutionner les technologies de communication pour l'Internet des Objets, en proposant de transmettre dans la bande de fréquence des 860 MHz, juste en dessous du GSM. Par contre la bande passante sera très fine, mais suffisante pour transmettre quelques informations depuis les objets connectés.

Ce réseau est construit comme un réseau opérateur de l'Internet des objets.

Plus récemment une nouvelle initiative a été lancée pour considérer les communications des objets de l'IoT à travers les réseaux cellulaires : il s'agit de l'alliance LORA qui propose un framework de communication des objets IoT à intégrer avec les réseaux opérateurs existants. Une autre initiative à citer est la 5G, qui est le réseau cellulaire mobile attendu avec 1Gbps qui travaille particulièrement sur l'intégration des objets connectés avec différents critères selon les services et domaines verticaux comme le transport, la santé, l'énergie... etc.



La ville de Santander, en Espagne, a mis en place un réseau de capteurs communicants permettant de déployer un système global de supervision et d'information des places de parking.

Tout d'abord, les capteurs communicants étanches sont implantés au sol sur les emplacements de stationnement. Quand une voiture se gare à cet endroit, le capteur la détecte en temps réel, tout simplement en mesurant la variation du champ magnétique. Cette information est remontée périodiquement via des répéteurs sans fil vers un système de supervision, qui pourra par la suite la diffuser sur le système d'information destiné aux conducteurs, leur indiquant ainsi les emplacements libres.

Ce système d'information prend la forme de panneaux d'information, installés sur les poteaux à des endroits stratégiques de la ville. Il peut aussi alimenter une base de données consultable en ligne via une application smartphone, qui affichera les emplacements libres sur une carte de la ville. On peut tout à fait imaginer, à terme, que les conducteurs puissent payer leur place en utilisant leur téléphone, en interagissant avec le parcmètre le plus proche.

En cas de non paiement, le système pourrait guider la police municipale pour constater l'infraction et dresser une contravention. Le montant de la contravention dépendra du temps supplémentaire passé au-delà du temps de stationnement autorisé.

## Exemples de déploiements

✓ Smart Grid & metering

\* Exemple le compteur Linky d'ERDF

Linky

via CPL

Concentrateur

via réseau sans fil (GPRS)

Point distribution

ERDF

CPL : communication par courants porteurs en ligne

ERDF a mis en place le programme LINKY, le compteur électrique intelligent qui mesure les données de consommation énergétique des utilisateurs et communique en temps réel ces informations.

Un backoffice traite ces données aussi en temps réel et différents services novateurs sont alors rendu possibles : la prédiction du volume d'énergie nécessaire dans une maison ou un quartier par exemple.

Un autre aspect concerne l'intégration des différentes sources d'énergie renouvelable dans le réseau électrique, le dimensionnement intelligent de l'énergie globale, et sa distribution vers les clients finaux.

## Autres aspects



- ✓ La Standardisation et la régulation
- ✓ La sécurité, le respect de la vie privée et la législation
- ✓ Le passage à l'échelle et la gestion de la complexité
- ✓ « Cloudification » de l'Internet des Objets
- ✓ Big Data et Internet des Objets

- ✓ La gouvernance des données et des espaces de nommage et d'adressage
- ✓ Développement des technologies des objets communicants sur différents aspects (*sécurité, coût, consommation d'énergie, processeur, mémoire, transmission etc...*)
- ✓ Innovation et nouveaux modèles économiques

> Le développement de l'Internet des Objets pose de nombreux défis qu'il faudra résoudre dans les années à venir :

> La standardisation et la régulation

> La sécurité, le respect de la vie privée et la législation autour de la responsabilité des hommes propriétaires de ces objets

> Le passage à l'échelle et la gestion de la complexité

> « Cloudification » de l'Internet des Objets

> Big Data et Internet des Objets

> La gouvernance des données et des espaces de nommage et d'adressage

> Développement des technologies des objets communicants (NFC, RFID, capteurs, nanotech... autres) sur différents aspects (sécurité, coût, consommation d'énergie, processeur, mémoire, transmission... etc)

> Innovation et nouveaux modèles économiques

Pour aller plus loin n'hésitez pas à consulter les références en lien sur la plate forme.