

## OBJETS COMMUNICANTS



**Etudiants :**

**Kavan BARS**

**Urbain DARNEY**

**Clara MORICEAU**

**Marie-Noëlle COLLEONY**

**Etienne LEFEBVRE**

**Enseignant-responsable du projet :**

**Abdelaziz BENSRAIR**



Date de remise du rapport : **07/06/2016**

Référence du projet : **STPI/P6/2016 – 003**

Intitulé du projet : **Objets communicants**

Type de projet : **Veille technologique**

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

- **Définir les objets communicants**
- **Présenter leur histoire**
- **Comprendre leur fonctionnement**
- **Etudier les phénomènes physiques mis en œuvre**
- **Les problèmes engendrés**
- **Le respect de la sécurité et de la vie privée**
- **L'aspect économique et politique**
- **Les applications des objets communicants**
- **S'intéresser à la voiture communicante**

Mots-clefs du projet (4 maxi) :

- **Communiquer**
- **Emettre**
- **Ondes**
- **Innovation**

## TABLE DES MATIERES

1. Introduction .....	6
2. Méthodologie / Organisation du travail .....	7
3. Que sont les objets communicants ? .....	8
3.1. Description .....	8
3.2. Etat de l'art .....	8
3.2.1. La ville intelligente ou smart city (les smart-grids) .....	8
3.2.2. Le confort personnel, les loisirs, les smartphones .....	9
3.2.3. La voiture intelligente .....	10
4. Comment fonctionne un objet communicant ? .....	12
4.1. Principe de fonctionnement .....	12
4.1.1. Fonctionnement général .....	12
4.1.2. Communication et architecture des objets .....	13
4.1.3. Accès à Internet .....	14
4.1.4. Echange des informations .....	15
4.1.5. Le WIFI .....	16
4.1.6. Cas d'usage .....	17
4.2. Ondes radioélectriques .....	18
5. Objets communicants et sécurité .....	21
5.1. La sécurité de l'accès .....	21
5.2. Protection des données personnelles .....	22
5.3. Législation et véhicules autonomes .....	22
5.4. Véhicules autonomes et environnement .....	23
6. I.N.R.I.A .....	24
7. Conclusions et perspectives .....	25
8. Bibliographie .....	26
9. Annexes .....	28
9.1. Documentation technique .....	28

## NOTATIONS, ACRONYMES

**3G-4G-5G** : respectivement troisième, quatrième et cinquième génération de normes de téléphonie mobile.

**AP** : Access Point.

**CNIL** : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés : autorités françaises de contrôle en matière de protection des données personnelles.

**CPU** : Central Processing Unit.

**INRIA** : Institut National de Recherches en Informatique et Automatique.

**IdO-IoT** : Internet des Objets – Internet of Things.

**IPv4-IPv6** : Internet Protocol version 4 – version 6, protocole de communication utilisé sur internet.

**LIDAR** : Light Detection And Ranging.

**M2M** : Machine To Machine.

**NFC** : Near Field Communication.

**OC** : Objets communicants.

**OMPI** : Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle.

**RAM** : Random Access Memory.

**RFID** : Radio Frequency Identification.

**RITS** : Robotics and Intelligent Transportation System.

**ROM** : Read Only Memory.

**TIC** : Technologies de l'Information et de la Communication.

**UHF** : Ultra Haute Fréquence.

**V2I** : Vehicle To Infrastructure (véhicule à infrastructure en français).

**V2P** : Vehicle To Pedestrian (véhicule à piéton en français).

**V2V** : Vehicle To Vehicle (véhicule à véhicule en français).

## 1. INTRODUCTION

La communication a toujours été l'une des principales problématiques de l'homme. Aux origines, le premier problème soulevé a été la communication entre êtres humains. La solution trouvée a été celle du langage. Puis est venue, avec l'extension des sociétés, celle de la communication sur de longues distances. Les solutions apportées ont commencé avec des signaux de fumée, puis le premier réseau de poste. Cependant, ces moyens de communications n'étaient pas encore assez rapides. Il a donc fallu trouver des solutions pour que l'information circule instantanément. Au cours du dernier siècle, une multitude de méthodes pour communiquer, comme le téléphone ou internet, sont apparues.

Depuis, nous utilisons le même réseau mais nous cherchons toujours à aller plus vite et à communiquer plus d'informations avec par exemple le passage de la 3G à la 4G et prochainement à la 5G.

Au fur et à mesure de nos avancées technologiques, nous avons dû faire face à de nouveaux problèmes liés à la communication : ceux de l'automatisation. En effet, depuis que nous avons mécanisé nos activités, nous avons essayé de les rendre parfaitement autonomes. Pour parvenir à cela, il nous fallait des machines capables de communiquer et d'interagir avec l'extérieur. C'est ainsi que sont nés les premiers objets communicants.

Ce projet est réalisé dans le cadre du cours de P6 et est intitulé « Objets Communicants ». L'objectif de ce projet est de dresser un tableau complet de ces objets qui occupent notre quotidien. Il a donc pour ambition de nous faire comprendre le monde ultra-connecté dans lequel nous vivons et de nous préparer à l'expansion de ces objets. Il a aussi pour ambition de mettre en avant les risques liés au monde de l'internet des objets.

M. Abdelaziz Bensrhair voulait aussi nous faire partager sa passion pour les recherches qu'il mène lui-même et celles de ses collègues. Il souhaitait particulièrement attirer notre regard sur l'après-INSA en nous aidant à imaginer notre insertion professionnelle et à envisager la poursuite de nos études sur une thèse.

Nous allons donc, tout au long de notre projet, étudier les objets communicants. Nous allons tout d'abord faire un état de l'art de ces objets. Ensuite nous verrons par quels moyens physiques ils communiquent et enfin comment ils fonctionnent. Pour finir, nous allons analyser les avantages et les inconvénients de ces objets puisqu'ils soulèvent des problèmes de sécurité et d'éthique.

En considérant le domaine de spécialité de notre professeur, nous avons décidé d'illustrer notre étude à l'aide d'exemples majoritairement basés sur les véhicules intelligents.

## 2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Notre projet consiste en un travail de recherches. Par conséquent la répartition du travail a majoritairement consisté à se répartir les recherches entre les membres du groupe. Avant de pouvoir commencer à se partager le travail, il fallait bien entendu savoir ce que l'on devait chercher. Pour se faire, on a procédé à un premier brainstorming afin de délimiter le sujet. Nous avons donc ensuite étayé et organisé les idées. C'est ainsi que nous avons obtenu une première esquisse d'un plan. Au fur et à mesure de nos avancées, nous avons plusieurs fois modifié ce plan. Au vu des installations de l'INSA et du domaine d'expertise de M. Abdelaziz Bensrhair, nous avons choisi de prendre le véhicule intelligent comme principal modèle d'étude.

Pour mener à bien notre projet, nous ne devons pas seulement organiser notre travail mais aussi le fonctionnement du groupe. Nous devons pour cela nous organiser au niveau de la communication au sein du groupe mais aussi avec l'extérieur. Pour ce faire, nous avons élu Marie-Noëlle Colléony comme responsable de projet. Etienne Lefebvre, quant à lui, a communiqué avec l'administration pour organiser le voyage et les voitures pour une visite à l'INRIA de Rocquencourt, qui a malencontreusement été annulée à deux reprises. Clara Moriceau et Kavan Bars étaient, quant à eux, chargés de coordonner et rassembler le travail de chacun pour former un dossier de groupe et le diaporama de la soutenance.

### 3. QUE SONT LES OBJETS COMMUNICANTS ?

#### 3.1. Description

Un objet communicant est un objet qui est capable de communiquer avec d'autres objets. Ces objets ont commencé à voir le jour au début des années 90, en prenant la forme d'un grille-pain.

Mais ce n'est que dans les années 2000 qu'apparaissent les objets communicants tels que nous les concevons de nos jours : ceux qui communiquent au sein d'un réseau (internet, V2V, ...).

Dès lors, le réseau que nous connaissions s'est largement étendu et nous parlons maintenant de l'Internet des Objets.

Depuis leur début, ces objets se sont largement étendus. Pour donner un ordre d'idée, l'arrivée de ces appareils nous a contraints à quitter le protocole d'identification IPv4 (qui ne permet que d'identifier environ 5 milliards d'objet) pour passer à l'IPv6. A la fin de l'année 2012, le monde comptait 8,7 milliards d'objets communicants. Dans les scénarios les plus pessimistes, ils seront 50 milliards et les plus optimistes penchent pour 80 milliards d'ici 2020. Ces chiffres illustrent le fait que c'est une technologie d'avenir qui est amenée à évoluer très rapidement.

#### 3.2. Etat de l'art

Aujourd'hui, notre vie quotidienne est rythmée par l'usage de nombreux « objets » communicants. De l'apparition de la ville intelligente à l'utilisation massive des smartphones, en passant par les débuts de la voiture autonome, les objets communicants sont partout. Dans cette partie, nous verrons dans quels domaines ils présentent une utilité majeure, et nous présenterons quelques exemples concrets.

##### 3.2.1. *La ville intelligente ou smart city (les smart-grids)*

Selon l'ONU, deux personnes sur trois vivront dans les villes en 2030. Il apparaît alors nécessaire de rendre les villes intelligentes et durables, dès aujourd'hui. Faire cela, c'est réduire leur impact environnemental et ré-imaginer l'accès aux ressources, les modes de transports, la gestion des déchets et celle de l'énergie. La smart city se doit de proposer des services urbains plus performants, des lieux plus intelligents et sert des usagers mieux informés et acteurs de la ville.

Les objets communicants ont un rôle majeur à jouer dans une grande partie des domaines à améliorer dans les villes actuelles, comme par exemple la gestion de l'énergie, des ressources, des services ou encore des déchets. En effet, le système électrique d'aujourd'hui doit être modernisé : les smart-grids entrent alors en jeu. Ces « réseaux intelligents » s'inscrivent dans une démarche d'optimisation des réseaux électriques en les rendant communicants, par l'intégration des nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Toutes les étapes du réseau deviennent alors des objets communicants et interactifs. Le but des smart-grids est d'adapter l'offre et la demande en temps réel : contrairement au système électrique actuel qui s'assimile à une chaîne linéaire, les smart-grids mettent tous les acteurs du système en interaction.

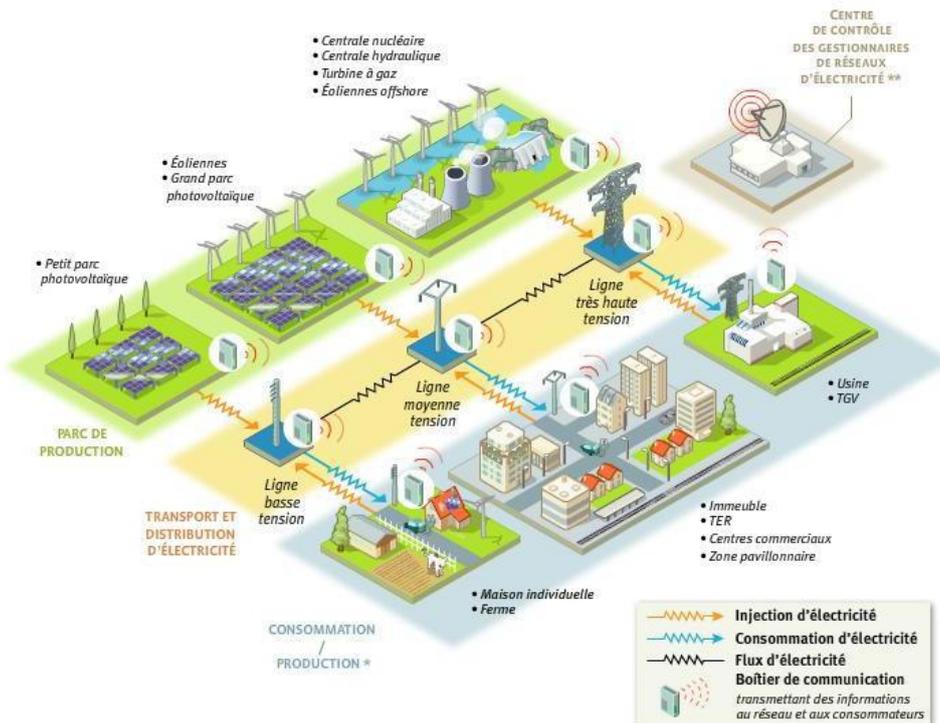


Figure 1 : Fonctionnement des smart-grids. Source : smartgrids-cre.fr

Par exemple, l'effacement diffus est une technique qui permet à un opérateur de limiter la consommation électrique des habitations lors d'un pic de consommation : l'opérateur peut couper à distance l'alimentation de certains appareils ménagers, grâce à un boîtier installé dans l'habitation, permettant ainsi une stabilité des réseaux.

Le terme de smart-grid s'étend à la gestion des réseaux d'autres ressources comme l'eau ou le gaz.

Il n'existe pas encore aujourd'hui de ville intelligente, mais de nombreux projets ou réalisations vont déjà dans ce sens. Par exemple, la démarche UrbanEra® de Bouygues Immobilier, « pour des éco-quartiers mixtes, durables et intelligents », a développé IssyGrid®, à Issy-les-Moulineaux (92), dans l'optique de relever les nouveaux défis énergétiques. Les logements qui font partie de cette démarche sont équipés de manière à permettre le contrôle de sa consommation (chauffage, éclairage, eau chaude). Les équipements peuvent être contrôlés à distance par l'intermédiaire de prises communicantes. Les différents bâtiments d'IssyGrid® sont interdépendants : un système de smart-grid les relie entre eux. D'autres caractéristiques d'IssyGrid® ou d'autres projets UrbanEra®, telles que l'éclairage public intelligent, font appel à de nombreux objets communicants : la « smart-city » du futur apparaît comme une ville entièrement connectée.

### 3.2.2. Le confort personnel, les loisirs, les smartphones

Actuellement, le domaine dans lequel les objets communicants touchent le plus à notre vie quotidienne reste celui du confort personnel. Selon une étude du cabinet Deloitte, 61 % des français possèdent un smartphone. Cet objet communicant est déjà ancré dans notre environnement et ne nous étonne plus, tout comme les étiquettes RFID par exemple, utilisées dans le commerce pour lutter contre la fraude et gérer les stocks. D'autres objets connectés font leur apparition dans notre vie quotidienne : les montres connectées, les traqueurs fitness, les lunettes intelligentes... De plus en plus de « gadgets » high-tech prennent place dans nos foyers.

Par exemple, Botanicalls nous envoie simplement un message si ses capteurs d'humidité détectent que notre plante verte est trop ou pas assez arrosée.

Plus complexe, l'ARCHOS Smart Home permet de contrôler sa maison quel que soit

l'endroit où l'on se trouve, grâce à son smartphone ou à une tablette. Les objets proposés (caméras, détecteurs de mouvement, de température, d'ouverture de porte...) sont tous sans fil et communiquent directement avec la tablette. Ils peuvent également être connectés entre eux pour, par exemple, envoyer un mail au propriétaire lorsqu'une présence est détectée à la porte d'entrée, avec une photo de l'individu. Les Smart Plugs, prises électriques connectées, permettent à l'utilisateur d'allumer ou d'éteindre une lumière ou un appareil électronique à partir de la tablette.

Il est alors indiscutable que les objets communicants sont déjà partout autour de nous.

### **3.2.3. La voiture intelligente**

Autre défi majeur de ces dernières années, la voiture intelligente voire autonome constitue également un domaine où les objets communicants sont très présents. Depuis des décennies, nous rêvons d'avoir des voitures autonomes, avec un « pilotage automatique » comme on a pu l'imaginer dans de nombreux films par exemple. Si de telles voitures nous attirent tant, c'est pour les possibilités qu'elles peuvent nous offrir : moins d'accidents (voire aucun), une réduction des embouteillages, la disparition des infractions au code de la route. Les voitures autonomes rendraient la route plus sûre et optimiseraient nos déplacements. Aujourd'hui, la fiction semble rattraper la réalité, avec l'apparition de simples systèmes de parking automatique, ou même des voitures sans conducteur comme la Google Car. Plus large que le terme de voiture, on peut parler de transport intelligent. Ce terme rassemble les modes de transports intelligents ainsi que les routes (ou autres infrastructures liées au transport) intelligentes, entre autres.

Depuis le premier concept de voiture autoguidée de Toyota en 2003 qui pouvait se garer seule, de nombreuses « voitures intelligentes » ont vu le jour. Il existe différents niveaux de voitures autonomes, attribués selon leurs fonctions. Cela peut aller du simple système d'aide au parking jusqu'à la voiture entièrement autonome qui peut assurer la conduite toute seule.

Il y a encore peu de temps, la circulation des véhicules autonomes n'était pas autorisée par la loi. En effet, le conducteur devait à tout moment avoir le contrôle de son véhicule. Depuis le 23 mars 2016, la législation a changé : *"À compter de ce jour, les systèmes de conduite automatisée seront explicitement autorisés sur les routes, à condition qu'ils soient conformes aux règlements des Nations Unies sur les véhicules ou qu'ils puissent être contrôlés voir désactivés par le conducteur"*, selon un communiqué officiel de l'UNECE (Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies). Tous les niveaux de voitures autonomes ne sont donc pas autorisés à ce jour, mais seulement les voitures dont le conducteur peut choisir l'activation des systèmes de conduite autonome ou non (par exemple, une voiture ne peut pas circuler sans conducteur). Aux Etats-Unis, les autorisations ou dérogations se multiplient dans de nombreux Etats, montrant une volonté d'être le futur berceau de la voiture autonome.

Même si la législation vient seulement de s'assouplir pour les voitures autonomes, de multiples projets concernant la voiture intelligente n'ont pas attendu aussi longtemps. Par exemple, le projet SCOOP@F a débuté en 2014. C'est un projet de déploiement pilote de systèmes de transports intelligents coopératifs. Il est financé par l'État, les collectivités territoriales, ainsi que l'Europe : le budget global est de 20 millions d'euros. L'objectif est d'équiper 3000 véhicules sur 2000 km de routes. Ce projet associe les constructeurs PSA et Renault, plusieurs gestionnaires routiers, des universités et des centres de recherches. En 2016, de nouveaux partenaires étaient attendus, comme Orange et des partenaires étrangers, pour lier le projet avec d'autres projets similaires en Europe (comme Corridor, entre Rotterdam, Francfort et Vienne).

Le projet consiste à équiper les véhicules et les routes de systèmes communicants afin d'échanger des informations sur le trafic, des alertes chantiers, les obstacles rencontrés, ou encore la vitesse/position des véhicules. Avec ces communications véhicule à véhicule (V2V) ou véhicule à infrastructure (V2I) par le biais de bornes et récepteurs Wi-Fi ou des réseaux

publics cellulaires, les objectifs sont, entre autres, de permettre une intervention plus efficace sur les accidents, une meilleure sécurité des agents intervenant sur les routes, et plus généralement de faire un premier pas vers l'arrivée de la voiture autonome. A terme, le projet pourrait par exemple permettre de remplacer les panneaux à messages variables, les caméras et autres boucles de comptage.

Les routes sélectionnées sont les voies rapides d'Île-de-France, les routes bretonnes, l'autoroute Paris-Strasbourg, la rocade bordelaise, ainsi que les routes départementales en Isère. Un déploiement national sera mis en place en cas d'un bilan positif en 2017.

Le projet SCOOP@F est bien représentatif des défis actuels qui concernent le véhicule communicant : il témoigne d'une volonté de rendre la route plus sûre et les déplacements efficaces.

## 4. COMMENT FONCTIONNE UN OBJET COMMUNICANT ?

### 4.1. Principe de fonctionnement

Nous venons donc de définir ce qu'est un objet communicant en donnant quelques exemples concrets, intéressons-nous maintenant au fonctionnement de ceux-ci. Si la définition est vague, les détails techniques de ces objets le sont encore plus. En recherchant des informations, on tombe sur une multitude de termes techniques et de technologies différentes. En effet le champ des domaines concernés par les objets communicants est immense et il n'est pas toujours simple de distinguer les fonctionnalités directement liées à la communication des objets et celles qui servent le but premier de celui-ci. De plus on a souvent tendance à se perdre entre les solutions mises en œuvre pour traiter chaque problème que posent les objets communicants.

Ainsi nous allons nous poser différentes questions. Tout d'abord comment fonctionnent réellement les objets communicants puis avec qui communique-t-on en utilisant ces objets et finalement qui reçoit les informations issues de cette communication. Nous aborderons évidemment les divers aspects techniques liés à ces questions.

#### 4.1.1. *Fonctionnement général*

En premier lieu il faut savoir que l'on peut distinguer trois grandes catégories de communications entre objets ou entre objets et opérateurs externes :

- Les télécommunications : elles comprennent la téléphonie mobile, les systèmes GPS ou encore la réception de la radio tout simplement.

- On distingue ensuite la communication des divers composants électroniques entre eux mais aussi avec l'extérieur, comme c'est le cas dans les télévisions ou les smartphones par exemple.

- Finalement, on trouve aussi toute la communication liée à internet qui s'appuie sur tout un système de serveurs et de réseaux. Ainsi, chaque objet possède son propre moyen de communiquer mais la multiplication d'objets communicants a donné lieu à l'apparition d'un réseau constitué de l'ensemble des connexions de ces objets. On appelle ce réseau plus large l'Internet des Objets (IdO) ou encore Internet of Things (IoT). Et s'il est difficile d'en donner une définition exacte, on peut dire qu'il s'agit de l'expansion du réseau internet à des lieux ou des objets du monde physique. D'ailleurs Pierre-Jean Benghozi, Sylvain Bureau et Françoise Massit-Folléa définissent, dans leur ouvrage *l'Internet des objets* (Edition MSH), ce dernier de la manière suivante : « L'Internet des Objets est un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant. » Pour que cet internet des objets puisse exister et fonctionner correctement, il est évidemment nécessaire de définir des solutions technologiques aux différents systèmes entrant en jeu dans l'établissement de l'internet des objets. Ainsi on peut distinguer six types de systèmes technologiques nécessaires au fonctionnement de l'IdO :

- L'identification : il s'agit de parvenir à reconnaître un objet et de pouvoir collecter les données recueillies par celui-ci.

- Les capteurs : qui permettent à l'objet lui-même de recueillir des informations dans son environnement.

- La connexion : qui pose le problème de savoir comment les objets vont communiquer entre eux ou avec un opérateur externe.

- L'intégration : qui permet les échanges d'informations entre différentes technologies.

- Le traitement des données : on cherche ici à savoir comment stocker toutes les données transmises par les objets communicants et comment se servir de ces données pour lancer des actions ou faire prendre des décisions à l'objet.
- Les réseaux : il s'agit de transmettre les données récoltées dans le monde physique, dans le monde virtuel et vice-versa. Le tableau en annexe 1 est également issu de *l'Internet des objets* (Edition MSH) et récapitule les technologies nécessaires et mises en œuvre pour faire fonctionner l'IdO.

#### 4.1.2. Communication et architecture des objets

Ainsi comme on peut le remarquer la partie qui nous intéresse dans le cadre de l'étude des objets communicants est bien évidemment la communication. Seuls deux systèmes entrent en jeu dans le cadre de la communication pure. En effet l'identification et la connexion sont les deux étapes nécessaires pour communiquer. Les autres systèmes servent essentiellement au traitement et au stockage des données même si les capteurs peuvent éventuellement rentrer en compte puisqu'il s'agit d'une communication entre l'objet et son environnement. Il faut également bien songer à la différence entre objets communicants et objets connectés. En effet un objet peut être communicant sans être connecté puisqu'il peut par exemple se contenter de transmettre une certaine information à son environnement sans pour autant être connecté à internet.

Intéressons-nous donc aux objets communicants en eux-mêmes ; à leur construction et aux solutions technologiques dont on se sert pour les faire fonctionner. L'architecture d'un objet communicant se base sur les composants nécessaires à l'accomplissement de ces différentes fonctions. Cette architecture est majoritairement centrée autour d'un microprocesseur ou d'un microcontrôleur. La principale différence entre les deux étant qu'un microcontrôleur réunit à la fois le processeur, la mémoire et la gestion des entrées/sorties. Pour mettre en lien ces différents éléments, la présence de bus de communication est également nécessaire.

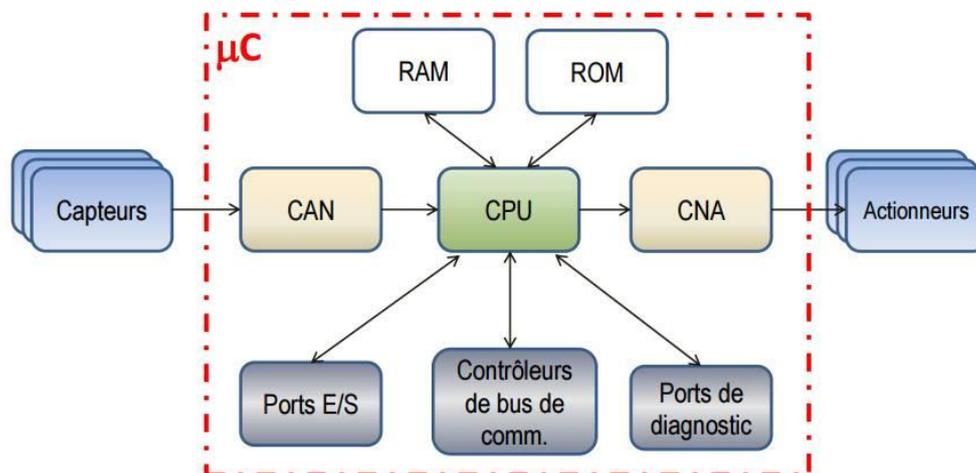


Figure 2 : Architecture d'un objet communicant

Sur ce document on peut identifier les principaux éléments constituant l'architecture d'un objet communicant. On retrouve les capteurs qui envoient les informations à l'objet, la mémoire vive (RAM : Random Access Memory) ainsi que la mémoire morte (ROM : Read Only Memory), les ports d'entrées/sorties, les contrôleurs des bus de communication, les convertisseurs numériques analogiques et vice-versa qui permettent de transformer un signal analogique en une valeur numérique codée sur plusieurs bits, le processeur (CPU : Central Processing Unit) et enfin des ports de diagnostic qui permettent de vérifier le bon

fonctionnement de l'objet. Une fois les informations passées par ces différents éléments, une valeur analogique est transmise aux actionneurs qui permettent de réaliser la communication.

### 4.1.3. Accès à Internet

Demandons-nous ensuite comment les objets communicants accèdent à internet ou plus précisément à l'Internet des Objets puisque, comme nous l'avons vu, tous les objets communicants ne sont pas forcément connectés. Cet accès se fait de deux manières principales. Tout d'abord, il peut se faire directement par les interfaces de communication se trouvant sur les microprocesseurs ou les microcontrôleurs. On dit alors que l'objet est doté d'un comportement embarqué puisqu'il peut de lui-même communiquer avec un réseau plus vaste. La deuxième manière d'accès se fait grâce à ce que l'on appelle des objets « tagués ». C'est à dire que l'on a apposé une étiquette RFID par exemple qui permet à l'objet d'être identifié. C'est ensuite un serveur distant qui gère l'accès à internet de celui-ci. On dit alors que l'objet adopte un comportement déporté sur un serveur. On peut voir que ce type de comportement correspond également à l'étape d'identification des objets dans les systèmes, nécessaire au fonctionnement de l'IdO.

Intéressons-nous donc de plus près à ces étiquettes RFID. RFID est l'acronyme de « Radio Frequency IDentification ». Comme son nom l'indique, il s'agit donc d'un système d'identification se basant sur les ondes radios. Il s'agit en fait de petites étiquettes ou puces qui sont équipées de trois composants essentiels : une antenne qui permet de recevoir et d'émettre certaines fréquences radio ainsi qu'une puce de silicium qui permet de réagir aux fréquences radios reçues par l'antenne. L'ensemble formé par ces deux éléments s'appelle l'inlay. Finalement le dernier élément est un « emballage » qui permet à l'ensemble, appelé marqueur ou tag, de résister dans les conditions qui seront les siennes. L'intérêt réside ensuite dans le fait d'installer des dispositifs appelés lecteurs qui émettent en permanence des ondes radios à une certaine fréquence et qui de ce fait activent les marqueurs qui passeraient devant eux.

Cette activation se fait car le lecteur fournit ainsi l'énergie nécessaire au fonctionnement du marqueur puisque ce dernier ne comprend aucune source d'énergie. Les fréquences utilisées par ces lecteurs varient en fonction du type d'application et de performance recherchée. En effet, la portée des marqueurs RFID est généralement assez courte, de l'ordre d'une dizaine de mètres mais peut s'étendre jusqu'à près de 200 mètres. Ainsi la fréquence de 13,56 MHz est la plus répandue car elle permet toutes les applications les plus communes, c'est à dire la lecture de badge ou l'ouverture de portes. Celles de 2,45 GHz ou de 5,8 GHz sont utilisées pour des portées plus longues comme pour le télépéage par exemple. Une évolution plus récente de la technologie RFID est la technologie dite NFC c'est à dire « Near Field Communication ». Celle-ci combine un marqueur et un lecteur au sein d'un seul périphérique. Les puces NFC utilisent une fréquence aux alentours de 13,56 MHz et sont utilisées pour des communications à courte voir très courte portée. En effet la communication ne s'étend pas au-delà de 10cm. Cette technologie est surtout utilisée dans les lecteurs de carte ou la téléphonie en ce qui concerne la recharge de la batterie.

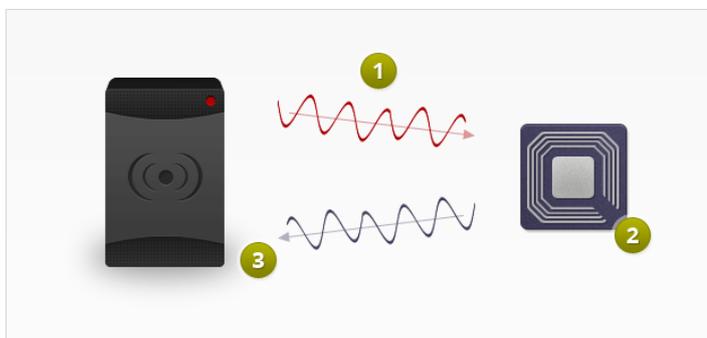


Figure 3 : Fonctionnement de la lecture d'un badge

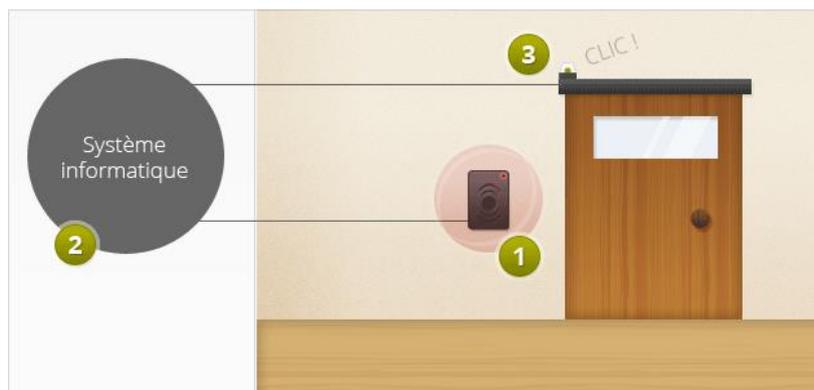


Figure 4 : Réseau RFID

Le plus souvent, un système informatique intervient entre le lecteur et le marqueur. Quand un lecteur identifie un marqueur, il récupère un code que ce dernier lui transmet, il le transmet ensuite à un système informatique qui sera en mesure de l'analyser pour en gérer les informations et donner d'éventuelles autorisations par exemple. C'est l'intervention de ce système informatique qui permet la traçabilité à partir de la technologie RFID et qui permet aussi de ce fait des applications plus larges avec des versions plus avancées de la RFID.

#### 4.1.4. **Echange des informations**

Maintenant que nous avons vu comment se passait l'accès à internet des objets grâce à l'identification, nous pouvons voir comment les objets communicants font pour échanger des informations entre eux ou encore comment ils peuvent se connecter directement à internet. Ce protocole de communication est désigné par le sigle M2M qui signifie « machine to machine » et qui désigne toutes les communications directes entre objets communicants. En ce qui concerne la communication entre objets, on peut distinguer trois principales solutions technologiques pour établir un échange entre des objets. Le choix de cette technologie dépend évidemment des objectifs qu'est censé remplir l'objet lui-même et des conditions dans lesquelles il aura à assurer sa fonction. Ainsi, les trois différentes manières de communiquer d'un objet à un autre sont :

- Le wifi : dont l'intérêt est évident puisqu'il s'agit d'un réseau extrêmement répandu et efficace et qui permet de plus une connexion immédiate à internet.
- Le Bluetooth : lui est une technologie utilisant également les ondes radios mais qui ne s'utilise qu'à courte portée. Il s'agit en fait d'établir un échange bidirectionnel entre deux objets via les fréquences radio dites ultra haute fréquence (UHF). Ces fréquences aux alentours de 2,4GHz ne nécessitent pas de licence puisque qu'elles possèdent une faible émission et peu de risques d'interférences. L'intérêt du Bluetooth est surtout de remplacer les câbles dans la communication entre deux objets mais il peut aussi s'utiliser pour des objets en mouvement permettant la transmission momentanée d'informations.
- Le Zigbee : c'est un réseau surtout utilisé dans la domotique mais il permet également la communication à portée moyenne grâce à des ondes radios à des fréquences plus basses. Le principal intérêt de cette technologie est qu'elle consomme très peu et est très autonome mais de ce fait elle permet de faire passer beaucoup moins d'informations. C'est pour cela qu'elle s'applique parfaitement aux fonctions simples de la domotique.

En ce qui concerne l'accès à internet avec ces différentes technologies, pour le Bluetooth et le Zigbee, la principale contrainte est que les informations doivent passer par un serveur externe grâce à l'adresse matérielle que possède chaque périphérique pour pouvoir accéder à internet. Pour le Bluetooth l'accès à internet peut se faire de la manière suivante : d'abord l'objet communique avec le smartphone de l'utilisateur puis c'est ce dernier qui permet l'accès à internet grâce aux réseaux 3g/4g voire 5g dans les années à venir. Ces différentes

dénominations désignent les standards pour la téléphonie mobile et permettent la transmission de données à divers débits théoriques en fonction des générations. La transmission sur ces réseaux se fait grâce à des bandes de fréquences très diverses qui représentent un énorme enjeu commercial dans tous les pays dotés de ces technologies. En ce qui concerne la dernière génération disponible auprès du grand public : la 4g permet un débit théorique maximum de 1Gbit/s à l'arrêt et de 100Mbit/s en mouvement. En Europe, deux principales bandes de fréquences sont attribuées au réseau 4g : celles des 800MHz et celle des 2600MHz. Mais le wifi permet lui une communication directe entre le réseau internet et un objet. Intéressons-nous donc au fonctionnement de ce dernier.

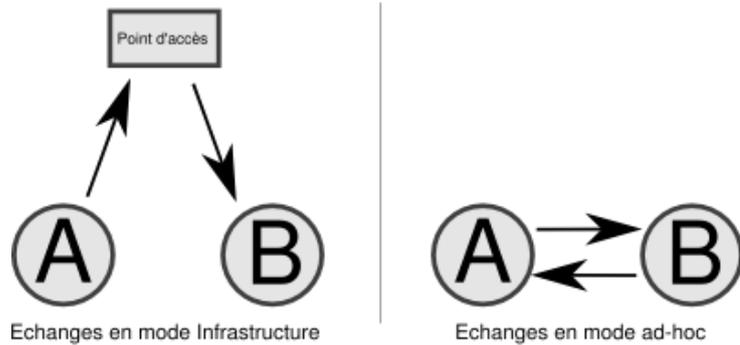
#### **4.1.5. Le WIFI**

D'après certaines sources, wifi ou Wi-Fi pourrait signifier « wireless fidelity » mais cela n'a jamais été officiellement confirmé et il s'agit en fait tout simplement de la marque déposée par la Wi-Fi Alliance, un organisme vérifiant la compatibilité entre les appareils répondant à certaines normes. Il faut également savoir que le wifi est le moyen de connexion à internet privilégié dans le monde entier. Plus généralement, le wifi est donc un ensemble de normes régissant les réseaux de communications sans fil par les ondes radio dans certaines fréquences. En effet, comme les moyens de communication précédents, le wifi se sert des ondes radios pour faire passer des informations. Il est nécessaire que l'objet souhaitant communiquer par wifi soit équipé de ce que l'on appelle un adaptateur. Ainsi l'objet transformera les informations qu'il souhaite transmettre en ondes radio grâce à cet adaptateur et ses ondes seront envoyées à un décodeur via une antenne. Ce décodeur est appelé routeur. Une fois que ce décodeur reçoit les informations par ondes radios, il est en mesure de les transmettre à internet par une connexion filaire dite Ethernet. Et le chemin inverse se fait de la même manière c'est à dire que les informations que va recevoir un objet communicant seront d'abord transmises au décodeur afin qu'il les transforme en ondes radio qui pourront ensuite être lues par l'adaptateur dont est équipé l'objet. En installant des routeurs à des endroits précis, on peut donc permettre un accès wifi n'importe où. Ces points d'accès spécifiques sont appelés « hotspots ». Mais il ne faut pas oublier que le débit d'informations transmissibles par wifi dépendra surtout de l'éloignement du routeur à partir duquel on se connecte à l'antenne permettant de le mettre en relation avec internet. De plus si le wifi offre de grandes distances de communication grâce aux fréquences qu'il utilise, en intérieur, il a tout de même du mal à traverser les murs, ce qui peut parfois poser problème. En effet les fréquences utilisées par le wifi sont celles situées de 2,4 GHz à 5 GHz et leurs puissances se situent aux alentours des 30 mW ce qui permet le passage d'un grand flux de données ; jusqu'à 1300 Mbits/s de débit théorique pour la dernière version normalisée du wifi. Tous ces échanges de données entre les différents appareils et infrastructures connectés en wifi créent un véritable réseau global.

On peut mettre le réseau ainsi créé en structure de différentes manières afin d'augmenter la distance à laquelle des informations sont transmissibles ou encore afin de couvrir de manière plus efficace une certaine zone. Ainsi on distingue principalement deux modes de mise en réseau en ce qui concerne le wifi :

- Le mode infrastructure : Il s'agit ici de distinguer deux équipements essentiels, les adaptateurs sans fil et les «access point» (AP). L'AP est relié en filaire au réseau wifi et peut être relié à d'autres AP pour créer un nouveau petit réseau qui pourra donner accès au wifi sur une plus grande distance. Ce réseau possède un identifiant et tous les appareils possédant un adaptateur sans fil peuvent se connecter à l'AP d'un certain réseau par le biais de cet identifiant. Ce mode de mise en réseau requiert donc l'installation d'infrastructures à des distances bien précises les unes des autres afin de pouvoir créer un réseau qui couvre le maximum de surface. Mais il permet en même temps, un certain contrôle des connexions puisqu'il oblige le passage par le point d'accès pour se connecter au wifi.

- Le mode ad-hoc : il constitue une technologie de choix pour les objets communicants. En effet, il permet la création d'un réseau et l'accès au wifi sans avoir besoin d'installer ou de se trouver à proximité de points d'accès. On peut le définir comme étant «un réseau sans fil capable de s'organiser sans infrastructure définie préalablement». Les entités souhaitant échanger de l'information communiquent, ici, directement entre elles sans avoir besoin de matériel supplémentaire. Chaque entité communiquant ainsi



Echanges en mode Infrastructure  
Echanges en mode ad-hoc  
*Figure 5 : Comparaison de deux modes*

avec une autre est appelée nœud ou «node». Et la communication d'un node avec un autre puis de ce dernier avec encore un autre permet ainsi d'étendre le réseau wifi sur une très grande distance s'il y a toujours suffisamment de nodes pour que la communication ne soit pas interrompue à un endroit. Il y a pour cela plusieurs obligations. Les nodes communiquant directement ne doivent pas être trop éloignés et il faut appliquer un protocole de routage spécial aux équipements communiquant de cette manière. De plus ce mode de mise en réseau entraîne un grand nombre de problématiques comme le manque de bande passante, les interférences qui peuvent se trouver dans le milieu ou établir spontanément une connexion et bien sûr un débit et une sécurité limités. Mais l'intérêt de ce mode est évident puisqu'il peut permettre de créer des réseaux immenses permettant de transmettre des informations à un grand nombre d'entités. Par exemple, sur la route, cette mise en réseau peut permettre une meilleure régulation du trafic en permettant aux voitures de communiquer entre elles sans intermédiaire.

Il existe aussi deux autres modes de mise en réseau plus anecdotiques qui sont :

- Le mode pont : qui consiste à donner un accès internet à un certain point fixe et à autoriser ensuite certaines entités bien définies à accéder à cette connexion. Il faut bien comprendre que seules les entités choisies pourront utiliser cet accès internet et l'utiliseront de manière permanente, permettant ainsi la création d'un véritable réseau.
- Le mode répéteur : il permet de répéter un certain signal wifi plus loin. Il est surtout utilisé en intérieur et va souvent de pair avec une augmentation du temps de latence et une forte diminution du débit due au fait que le répéteur doit capter et renvoyer un même signal par une seule et même voie.

#### 4.1.6. Cas d'usage

Il apparaît ainsi au travers des différents moyens de mettre en réseau les différents objets communicants, que l'un des champs d'application où la communication des machines et appareils peut être extrêmement utile est celui de l'automobile. En effet ces dernières années le « véhicule intelligent » a constitué une part majeure de la recherche et du développement dans l'industrie automobile. Pour mieux comprendre comment sont appliquées les différentes technologies au monde de la voiture, il faut d'abord savoir qu'il existe trois protocoles de communication en ce qui concerne les véhicules :

- Le V2V : qui constitue la communication de véhicule à véhicule.
- Le V2I : qui désigne la communication de véhicule à infrastructure.
- Le V2P : qui désigne la communication de véhicule à piéton ou personne.

Ces différents protocoles de communication ne sont pas sans rappeler les différents modes de mise en réseau. On peut donc voir qu'en fonction des propriétés «intelligentes» que l'on souhaite donner à une voiture, on peut employer les différents moyens techniques que nous avons vus. Ainsi de nombreux projets ont vu le jour, majoritairement dans l'objectif de

trouver une certaine norme pour la communication entre véhicules. En effet, toutes les technologies utilisées pour répondre aux problématiques posées par les protocoles de communication sont propres aux constructeurs et ainsi ne permettent pas une communication entre les véhicules de différentes marques. Certains constructeurs ont donc cherché à remédier à cela en mettant en place le projet appelé «car 2 car». Les constructeurs Audi, BMW, Mercedes, Fiat, Honda, Opel, Renault, Volkswagen et Volvo se sont donc mis d'accord pour utiliser la même fréquence wifi pour la communication de leurs voitures, celle désigné par l'appellation 802.11b. Ainsi, grâce à une mise en réseau de type ad hoc chacune des voitures équipées de chaque constructeur peut être réceptrice et émettrice d'informations permettant d'avoir accès à un grand nombre de données sur le trafic en temps réel. Mais le souci est encore extrêmement présent et pour des raisons de politique économique, Toyota et Nissan ne font pas partie de ce projet alors que les deux constructeurs mènent des recherches avancées sur le sujet. De plus Toyota préfère se consacrer davantage à la communication V2I. Comme on peut le voir, il reste donc encore de nombreux progrès à faire, tant au niveau scientifique qu'au niveau commercial.



Figure 6 : Communication entre véhicules intelligents

## 4.2. Ondes radioélectriques

Comme nous avons pu le voir dans la partie précédente, les objets communicants utilisent les ondes radioélectriques afin de transmettre et recevoir des informations. Nous allons donc expliquer le fonctionnement de ces ondes.

Tout d'abord, une onde est une perturbation qui transporte de l'énergie sans déplacer de matière. Chaque onde est caractérisée par sa vitesse, sa fréquence et sa longueur. Il faut savoir que plus la longueur d'une onde est grande, plus celle-ci pourra aller loin, mais plus cette longueur est courte, plus l'onde pourra transporter des données.

Les ondes radios se propagent à la vitesse de  $3 \cdot 10^8$  m/s dans le vide. Dans les autres milieux, les ondes sont perturbées à cause de plusieurs phénomènes physiques qui sont l'absorption, la diffraction, la réflexion et la réfraction.

L'absorption est due à la traversée d'obstacles par l'onde. Ceux-ci atténuent la puissance de l'onde. Comme les longueurs d'ondes les plus grandes ont plus de facilité à traverser des obstacles, elles peuvent voyager plus longtemps.

La diffraction est le phénomène qui crée des ondes circulaires à partir d'un front d'onde traversant une petite ouverture. Il y a également une diminution de la puissance des ondes circulaires. Cependant, la diffraction est également un moyen de contourner les obstacles.

La réflexion est possible sur certains matériaux. Le métal et les surfaces d'eau en sont des exemples. Par ailleurs, la réflexion est un phénomène difficile à prévoir puisqu'il existe

beaucoup d'obstacles en métal. Comme une onde se propage dans plusieurs directions, chaque signal utilise un chemin différent (multi-chemins). A la réception, les signaux n'arrivent pas forcément en même temps ce qui entraîne des problèmes d'interférences. Ceci explique pourquoi on utilise des paraboles pour capter les ondes radioélectriques. Cela permet de rassembler toutes les ondes en un seul point. De plus, chaque émetteur des points d'accès Wifi ont deux antennes. Celles-ci communiquent entre elles et aident le point d'accès à connaître l'origine de deux signaux différents.

La réfraction résulte du passage de l'onde d'un milieu à un autre déviant ainsi sa direction.

Pour transmettre une information, l'émetteur de l'onde fait varier son amplitude afin de coder un message. Le récepteur reçoit ensuite ce message et le décrypte afin de le transformer dans une forme appropriée (signal d'alerte...).

Afin de transmettre l'information, il existe plusieurs normes correspondant à différents protocoles sans-fil. Dans le cas des ondes radioélectriques, la norme Européenne indique que les ondes radios représentent toutes les ondes dont la fréquence est inférieure à 300 GHz. Chaque protocole est différent avec ses avantages et ses inconvénients donc il correspond à une application particulière de la communication. On en distingue trois différents qui sont le wifi, le Bluetooth et Zigbee.

	Bluetooth	Wifi	Zigbee
Norme	802.15.1	802.11a-n	802.15.4
Fréquences	2.4 GHz	2.4-5 GHz	868 MHz (Europe)

Il y a quatre caractéristiques principales qui permettent de différencier ces normes :

- 1) La portée qui correspond à la distance maximale parcourue par l'onde. Cette grandeur dépend de la puissance, de la fréquence mais aussi de la qualité du récepteur. En France, la puissance de l'émission est limitée à 10 dBm.
- 2) Le débit traduit la quantité de données émises par unité de temps.
- 3) L'autonomie renseigne sur l'énergie requise pour communiquer des données.
- 4) La topologie du réseau qui correspond à sa forme, c'est à dire au nombre d'objets communicants, leur rôle et à la nature de leurs liaisons. Tous les protocoles ne sont pas applicables à toutes les topologies.

On distingue trois types de topologie : centralisée (en étoile-star), décentralisée (en arbre-cluster tree) et distribuée (maillée-mesh).

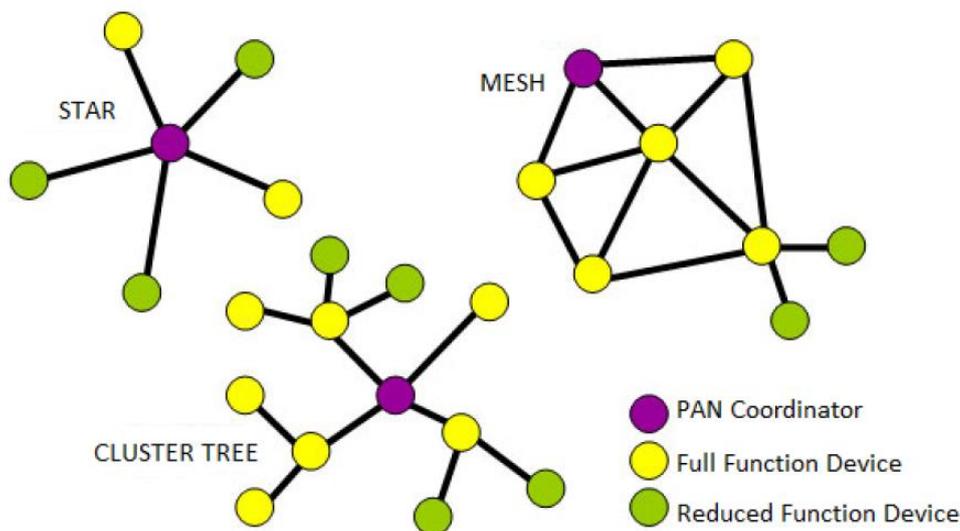


Figure 7 : Les différents types de topologie

Au sein de ces réseaux, chaque nœud a son propre rôle :

- Le coordinateur (PAN Coordinator) : c'est le nœud le plus important puisqu'il s'occupe de stocker les données et de les transmettre par le chemin le plus adapté.
- Le routeur ou récepteur (Full Function Device) : il transmet l'information aux nœuds suivants.
- Le terminal (Reduced Function Device) : c'est le nœud qui se situe à la fin du réseau et qui peut seulement communiquer avec le nœud précédent.

On voit bien que dans le réseau centralisé, le nœud central est à la fois un coordinateur et un routeur.

Voici un tableau qui résume les principales caractéristiques des protocoles :

	Bluetooth	Wifi	Zigbee
Portée	10-100 m	300 m	750 m
Débit	1Mb/s	11-320 Mb/s	20-250 Kb/s
Autonomie	Jours	Heures	Années
Topologies supportées	Centralisé Distribué	Centralisé	Toutes

Comme dit précédemment, la norme standard wifi utilisée par les voitures communicantes est 802.11b. Les fréquences utilisées sont comprises entre 2.4 GHz et 2.4835 GHz. La largeur de la bande est alors de 83,5 MHz.

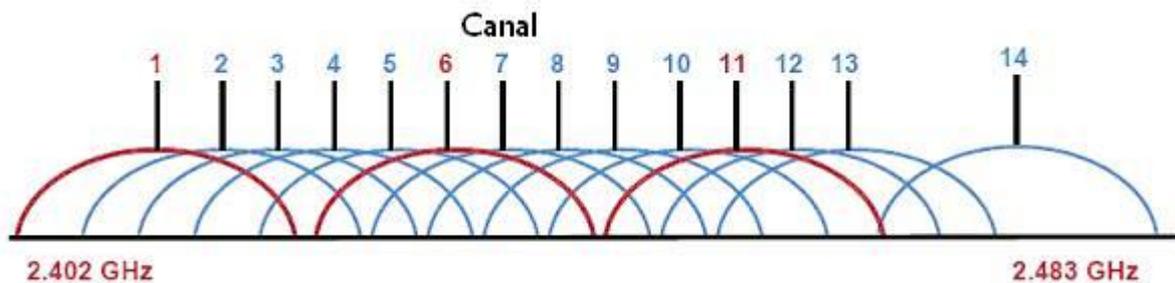


Figure 8 : Canal de la norme Wifi

La bande est divisée en 13 canaux égaux qui ont chacun une plage de fréquences de 22MHz. On remarque que les canaux 1, 6 et 11 ne se superposent pas, ce qui signifie qu'ils peuvent être utilisés simultanément et à côté sans générer de problèmes d'interférences.

En effet, les interférences sont un des nombreux problèmes liés à l'utilisation des ondes radios. Les canaux adjacents se perturbent les uns les autres, ce qui fausse la communication. Les ondes peuvent se superposer voire s'annuler. La division de la bande passante en plusieurs canaux aide à pallier ce problème.

Les fréquences utilisées par les ondes radioélectriques appartiennent à la famille des ondes décimétriques et hyperfréquences. Ce type d'ondes a des fréquences plus élevées qui permettent une réflexion plus facile même sur des obstacles dont la dimension est de quelques mètres.

On voit bien que toutes les caractéristiques des ondes radios sont étudiées afin de résoudre au mieux les différents problèmes récurrents lors de l'utilisation d'ondes.

## 5. OBJETS COMMUNICANTS ET SECURITE

Aujourd'hui les objets communicants forment un réseau gigantesque autour de nous. Une telle connexion entre objets et réseau soulève de nombreuses questions de sécurité et d'éthique. En effet, dans le cas des véhicules communicants, les problèmes liés à la technologie sont nombreux puisqu'ils prennent en compte la sécurité routière, la sécurité de la vie privée des conducteurs ou encore les problèmes de législation.

### 5.1. La sécurité de l'accès

Dès l'instant où il y a un accès au véhicule par des réseaux, la question de la préservation de la sécurité de cet accès se pose. Des expériences récentes, réalisées par des universités américaines, ont montré qu'on pouvait mettre en œuvre différentes fonctions du véhicule à distance : allumer les phares ou les éteindre, monter ou encore descendre les vitres.

Il est donc aussi imaginable que l'on puisse leurrer le véhicule en cours de route. Par exemple, en lui faisant croire à une zone de travaux proche, à un freinage d'urgence sur un véhicule précédant à faible distance ou encore à un cas de chaussée glissante. Un « cracker » pourrait aussi simplement pirater les données d'usage du véhicule : déplacements, usure des plaquettes de frein, kilométrage, temps restant jusqu'à la vidange...

Il y a encore plus dangereux que ces petits hackings. En effet, il est aujourd'hui possible de modifier les paramètres de la voiture via le réseau avec la télémaintenance.

La télémaintenance à distance du véhicule est une réalité que les constructeurs vont de plus en plus mettre en œuvre. Si cet accès présente des failles de sécurité, un cracker pourrait modifier des systèmes sensibles du véhicule. L'intégrité des données liées à la bonne marche du véhicule et à la sécurité a à l'évidence des exigences plus fortes que d'autres données. Tous ces risques font qu'il est nécessaire que les véhicules communicants disposent d'un contrôle d'accès très perfectionné. Or, l'expérience de la micro-informatique, connectée à Internet, montre que malgré les précautions des éditeurs de systèmes d'exploitation, un système connecté à un réseau est toujours porteur de vulnérabilités.

L'année dernière, un chercheur de Security Innovation, a réussi à tromper le système de détection laser LIDAR (Light Detection And Ranging) qu'utilisent actuellement les prototypes de véhicules autonomes, dont la célèbre Google Car. Ce système de détection, qui cartographie l'environnement autour de la voiture grâce à ses multiples capteurs et équipements, souffre d'une faille. Le chercheur a tenté de simuler l'apparition d'un obstacle aux yeux des capteurs en envoyant des impulsions parasites avec un équipement qu'il a lui-même conçu, à partir d'un simple laser de faible puissance et d'un générateur d'impulsions. Pour ce faire, le chercheur a simplement commencé par enregistrer les impulsions envoyées et reçues par un prototype de voiture autonome, qui n'étaient pas encodées ou cryptées, lui permettant de facilement les dupliquer. À l'aide d'un simple mini-ordinateur, l'équipement aurait donc permis au chercheur en sécurité informatique de paralyser la voiture autonome en simulant un piéton ou un mur.

La cybersécurité est donc actuellement le problème le plus préoccupant pour l'avenir des véhicules communicants.

De nombreux usagers ont réussi à mettre en place des systèmes de brouilleur pour que leur véhicule ne soit pas suivi. C'est le cas par exemple de nombreux chauffeurs routiers et employés qui brouillent les GPS installés sur leur camion ou voiture de fonction par leur entreprise.

## 5.2. Protection des données personnelles

Un véhicule communicant enregistre une quantité importante de données techniques, qui sont caractérisées comme données personnelles si on peut les lier au conducteur du véhicule.

Les constructeurs automobiles ont alors déposé un certain nombre de déclarations à la CNIL, afin de déclarer les traitements de données réalisés dans les véhicules et éviter tout conflit avec les usagers.

Le 23 mars 2016, la CNIL a lancé la mise en place d'un « pack de conformité » concernant les véhicules connectés. Ce pack a pour objectif de réglementer l'utilisation des nouvelles technologies dans les véhicules. Il proposera des lignes directrices, pour une utilisation responsable des données dans les prochaines générations de voitures.

Ce pack est rédigé en présence de différents acteurs, tous concernés par cet enjeu :

- Acteurs de la filière automobile
- Entreprises innovantes du secteur des assurances et des télécoms
- Autorités publiques



Figure 8 : La voiture connectée et ses différents acteurs

Selon ces différents acteurs, le véhicule connecté constitue un enjeu de développement industriel majeur pour la France mais aussi pour tous les pays disposant d'une capacité industrielle. Il s'agit là d'un triple enjeu qui est d'augmenter la sécurité routière, le développement de transports intelligents et la protection de l'environnement, tout en déterminant la capacité d'innovation autour du véhicule. Les données, et notamment les données personnelles concernant le conducteur du véhicule et son interaction avec l'environnement routier, sont le facteur commun de ces opportunités économiques.

On peut donc dire que l'enjeu des protections des données personnelles peut être d'abord un enjeu économique pour l'industrie, avant d'être un souci de respect des libertés fondamentales.

## 5.3. Législation et véhicules autonomes

L'Organisation Mondiale de la Santé considère que la cinquième cause de mortalité dans le monde d'ici 2030 sera la mauvaise conduite. Une utilisation massive des véhicules autonomes pourrait, selon les estimations de Google, réduire de 90 % les accidents de la route. Mais malgré ces chiffres plus qu'encourageants, les véhicules communicants et bientôt autonomes posent des problèmes d'éthique au niveau de la sécurité de la vie privée mais également des problèmes de législation.

En effet, selon l'OMPI, contrairement aux montres intelligentes ou autres objets communicants, il s'agit d'un des seuls objets connectés dont les enjeux juridiques se rattachent directement à une question de vie ou de mort. La technologie n'est pas infaillible et

malheureusement, quatre des quarante-huit véhicules autonomes de Google de Californie ont été impliqués dans des accidents routiers depuis septembre 2014.

La question des véhicules autonomes amène également un dilemme éthique important. Qui dit connecté et autonome, dit programmation. Comment alors programmer la réaction du véhicule devant une situation où l'ordinateur de la voiture devra choisir entre éviter de frapper un piéton et percuter un camion, tuant ainsi tous les passagers du véhicule ? De plus, il y a un toujours un risque pour que le système informatique de la voiture autonome soit piraté et qu'elle soit ensuite volée ou utilisée à des fins malicieuses.

L'objectif est alors de déterminer, entre les utilisateurs et le constructeur, la responsabilité de chacun puisque le facteur humain serait remis en question en cas d'accident.

#### **5.4. Véhicules autonomes et environnement**

Une récente étude produite par le Lawrence Berkeley National Lab en Californie indique que l'environnement pourrait énormément bénéficier de l'arrivée de véhicules qui se conduisent par eux-mêmes. Citée dans un article du site Popular Science, la recherche mentionne que le remplacement de la totalité des voitures à essence, qui sont en ce moment en circulation, par une flotte de taxis à moteur électrique permettrait de réduire de 90% l'émission de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale. En plus d'une diminution majeure de la consommation de pétrole, ce remplacement permettrait dans un même temps d'importantes économies monétaires.

La mise en place de taxis autonomes, qui seront très majoritairement électriques, va considérablement réduire les émissions de gaz à effet de serre. On peut lister tous les avantages d'une telle technologie :

- 1) Ces véhicules autonomes seront plus petits et plus légers (adaptés à l'environnement urbain), ce qui va réduire la consommation d'énergie par kilomètre.
- 2) Grâce à la multiplication de ces services urbains de transport, il n'y aura quasiment plus de voitures particulières. Il faut savoir que lors de la fabrication d'un véhicule, les gaz à effet de serre émis représentent jusqu'à 10% des émissions sur sa durée de vie totale. On estime donc qu'un véhicule ou un taxi autonome pourra remplacer 7 à 10 voitures privées. C'est pourquoi le potentiel de réduction des gaz à effet de serre n'est pas négligeable dans ce secteur.
- 3) Les taxis autonomes vont aussi permettre de faciliter les déplacements multimodaux. C'est le fait d'utiliser plusieurs moyens de transports différents pour se déplacer, par exemple prendre une voiture autonome jusqu'à un parking relais, prendre le métro puis utiliser de nouveau une voiture autonome pour arriver jusqu'à son travail.
- 4) Le covoiturage sera facilité grâce à ces voitures autonomes, en particulier pendant les heures de pointe et sur des trajets précis.

Bien que les objets communicants et particulièrement les véhicules connectés représentent, en cas de mauvais usage, un réel danger pour la sécurité des usagers au niveau routier et au niveau des données personnelles, ils sont un enjeu majeur pour les années à venir.

## 6. I.N.R.I.A

Lors de notre projet, nous devons aller à l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique situé à Rocquencourt. Comme l'expédition a été annulée, c'est Fawzi Nashashibi, le responsable du projet RITS à l'INRIA qui est venu nous voir à l'INSA. Il nous a donc présenté son institut de recherche et plus particulièrement son projet en cours.

L'INRIA est un laboratoire public de recherche sur les sciences numériques. Il existe aujourd'hui huit sites en France, regroupant plus de 3500 chercheurs dont 1000 doctorants. Cet institut est également présent partout dans le monde comme par exemple au Japon ou encore aux Etats-Unis dans la Silicon Valley.

A Rocquencourt, Fawzi Nashashibi travaille au sein de l'équipe de *Robotics and Intelligent Transportation System* (RITS) composée d'une trentaine de personnes dont quatre chercheurs et dix doctorants. Leur principal objectif est d'améliorer le transport routier en répondant notamment à plusieurs problématiques qui sont :

- 1) Le système avancé d'aide à la conduite : il s'agit ici d'aider le conducteur en détectant des obstacles et en planifiant l'itinéraire. Ceci est possible grâce à différents capteurs embarqués ou externes.
- 2) Le véhicule autonome : c'est-à-dire la conduite d'une voiture sans chauffeur.
- 3) La gestion du trafic : le but serait de faire de la conduite coopérative en récoltant les données des itinéraires des utilisateurs et des voitures afin de réunir et d'optimiser les trajets de chacun.

Pour cela, le groupe travaille sur des voitures personnelles et des véhicules de transport en commun. Leur participation à différents concours leur permet également de dynamiser leurs recherches et de montrer leurs avancées.

Fawzi Nashashibi nous a présenté plusieurs projets qu'il a menés ou qui existent actuellement. Par exemple, en 2011 à la Rochelle, l'INRIA a mis en place un système de transport à la demande. Il s'agissait d'un minibus sans chauffeur qui parcourait un trajet au sein d'une partie de la ville. Chaque passager pouvait appeler le bus via des bornes et indiquer leur destination. Le véhicule, entièrement autonome, venait ensuite les chercher et les déposait à l'arrêt prévu.

Cette rencontre nous a permis d'en savoir un peu plus sur les recherches faites aujourd'hui sur les véhicules intelligents. Nous nous sommes rendu compte qu'il y a beaucoup de projets avec des buts différents. Par exemple, une voiture autonome a été testée à Versailles. Elle fonctionne grâce à un télémètre et traverse une partie de la zone urbaine de cette ville. Cependant, cette voiture ne pourrait pas fonctionner sur l'autoroute car le télémètre ne le permet pas. Le responsable du projet RITS nous a également fait part des difficultés qu'il rencontre aujourd'hui puisque la mise en place des voitures autonomes demande une remise en question du système qui existe actuellement. Il reste donc encore beaucoup de travail à accomplir et chaque projet abouti est une victoire pour l'avenir des transports intelligents.

## 7. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Comme nous avons pu l'étudier, les objets communicants sont aujourd'hui omniprésents dans notre vie. Il était important de connaître et de comprendre ce qui nous entoure, c'est pourquoi nous les avons étudiés dans le cadre de ce projet. Nous avons pu faire un bilan de tout ce qui existe en matière de technologie et comprendre leur fonctionnement physique à travers différents objets. Nous avons choisi d'étudier plus particulièrement un cas d'usage qui est le véhicule intelligent. En effet, de tels véhicules connaissent un développement impressionnant depuis quelques mois. Ils sont l'avenir de l'automobile et surtout la meilleure illustration de ce que représentent les objets communicants d'un point de vue technologique, éthique et social. Quand tous les véhicules seront communicants et autonomes, on pourra envisager une vie sans accidents de la route et une très forte diminution des rejets de gaz à effet de serre.

De manière générale, ce projet nous a permis de découvrir les objets communicants à travers leurs intérêts mais également leurs limites liées à un tel réseau connecté. Nous avons pu appréhender l'avenir de la technologie avec des objets qui ne sont pas encore commercialisés mais seulement au statut de recherche. Cela est donc très intéressant dans le cadre de notre cursus puisque nous avons pu avoir un aperçu des technologies futures que nous serons peut-être amenés à concevoir ou produire en tant qu'ingénieur. De plus, ce projet nous a également plongés dans un travail de groupe à cinq, avec des personnes que nous ne connaissions pas forcément. Il a donc fallu s'adapter et apprendre à s'organiser. C'est un entraînement intéressant puisque nous nous retrouverons certainement dans cette situation lors de notre parcours professionnel. Enfin, nous avons aussi découvert le monde de la recherche grâce à notre professeur et à la venue du directeur d'un groupe de recherche de l'INRIA. Après nos études, nous pourrions envisager de poursuivre notre cursus avec une thèse au sein du laboratoire LITIS ou INRIA ou d'autres laboratoires.

Les objets communicants sont un vaste sujet et il est compliqué en un EC de pouvoir tout approfondir. La voiture connectée était pour nous le cas d'usage le plus pertinent mais il serait également très intéressant de s'intéresser à l'impact des objets communicants dans une ville connectée. En effet en Europe près de 75% de la population vit en ville, augmentant ainsi les dépenses énergétiques. L'avenir des objets communicants est donc très prometteur puisqu'ils apportent beaucoup de solutions à des problèmes actuels de notre société.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

### Livres

[1] Wireless Networking auteurs, « Wireless Network in the Developing World », BUTLER Jane, 2013

### Emissions radios

[1] <http://www.franceculture.fr/emissions/science-publique/comment-les-objets-communicants-transforment-la-societe> (valide à la date du 29/05/2016).

[2] <http://future.arte.tv/fr/la-voiture-autonome> (valide à la date du 27 avril 2016).

[3] <http://www.franceculture.fr/emissions/science-publique/linternet-des-objets-est-il-compatible-avec-la-vie-privee> (valide à la date du 9 mai 2014).

### Publications

[1] <https://www.ibisc.univ-evry.fr/~hutzler/Documents/JEOC02.pdf> Guillaume HUTZLER, Bernard GORTAIS et Gérard POULAIN, « Objets communicants, interfaces multimodales et création artistique », 2002.

[2] [http://www.batou.fr/wp-content/uploads/2011/05/batou\\_fr\\_objets\\_communicants\\_0-1.pdf](http://www.batou.fr/wp-content/uploads/2011/05/batou_fr_objets_communicants_0-1.pdf), « Les objets communicants », Dossiers Batou.fr, mai 2011.

[3] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ED73.pdf> Catherine LARRIEU, « La ville intelligente, état des lieux et perspectives en France », novembre 2012.

### Sites internet

[1] [www.inria.fr](http://www.inria.fr) (valide à la date du 29/05/2016).

[2] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Internet\\_des\\_objets](https://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_des_objets) (valide à la date du 29/05/2016).

[3] [www.crossmedias.fr](http://www.crossmedias.fr) (valide à la date du 29/05/2016).

[4] <http://www.domotique-info.fr> (valide à la date du 29/05/2016).

[5] <https://www.solucominsight.fr/2012/12/objets-communicants-le-futur-sera-t-il-sans-contact/> (valide à la date du 29/05/2016).

[6] <http://atelier-objets-communicants.ensad.fr> (valide à la date du 29/05/2016).

[7] <http://www.voiture-autonome.net/> (valide à la date du 28 mai 2016).

[8] <http://www.captronic.fr/Des-objets-communicants-aux-objets-connectes.html> (valide à la date du 29/05/2016).

[9] <https://www.fr.capgemini.com/integration-de-services/objets-communicants> (valide à la date du 29/05/2016).

[10] <http://www.lesiteducontenu.com/www/objets-communicants-et-environnement-intelligent-vers-une-smart-society/> (valide à la date du 29/05/2016).

[11] <http://droitdu.net/2015/10/vehicules-autonomes-qui-sera-responsable-en-raison-de-lelimination-du-facteur-humain-dans-la-conduite/> (valide à la date du 23 mai 2016).

[12] <http://www.cairn.info/revue-les-cahiers-du-numerique-2002-4-page-23.htm> (valide à la date du 29/05/2016).

[13] <https://fr.wikipedia.org/wiki/5G> (valide à la date du 29/05/2016).

[14] [https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau\\_ad\\_hoc](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_ad_hoc) (valide à la date du 29/05/2016).

- [15] [https://fr.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11b](https://fr.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11b) (valide à la date du 02 juin 2016).
- [16] <http://www.commentcamarche.net/contents/1310-la-propagation-des-ondes-radio-802-11> (valide à la date du 27 mai 2016).
- [17] <http://www.objetconnecte.net/histoire-definitions-objet-connecte/> (valide à la date du 29/05/2016).
- [18] <http://www.commentcamarche.net/faq/42404-qu-est-ce-que-le-wi-fi-et-comment-ca-marche> (valide à la date du 29/05/2016).
- [19] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Propagation\\_des\\_ondes\\_radio#Ondes\\_d.C3.A9cim.C3.A9trigues\\_et\\_hyperfr.C3.A9quences](https://fr.wikipedia.org/wiki/Propagation_des_ondes_radio#Ondes_d.C3.A9cim.C3.A9trigues_et_hyperfr.C3.A9quences) (valide à la date du 20 mai 2016).
- [20] <http://www.crossmedias.fr/fr/2014/03/nos-activites-quotidiennes-et-les-objets-communicants-un-binome-interactif-en-constante-evolution/> (valide à la date du 29/05/2016).
- [21] <http://www.ondes-radio.orange.com/fr/les-ondes/communiquer-avec-les-ondes> (valide à la date du 27 mai 2016).
- [22] <http://www.kommunauty.fr/article-752-fonctionnement-de-la-rfid> (valide à la date du 29/05/2016).
- [23] <http://www.commentcamarche.net/contents/1282-les-modes-de-fonctionnement-du-wifi-802-11-ou-wi-fi> (valide à la date du 29/05/2016).
- [24] <http://www.wi6labs.com/2016/03/16/quelle-technologie-radio-pour-les-objets-connectes-premiere-partie/> (valide à la date du 28 mai 2016).
- [25] <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=smartcities-caracteristiques> (valide à la date du 9 mai 2016).
- [26] <http://www.acsysteme.com/fr/smart-grid> (valide à la date du 19 mai 2016).
- [27] <http://www.urbanera.fr/issygrid/> (valide à la date du 20 mai 2016).
- [28] <https://www.aruco.com/2014/08/infographie-internet-objets/> (valide à la date du 4 juin 2016).
- [29] <http://adresse-ip.centerblog.net/9-difference-entre-ipv4-et-ipv6> (valide à la date du 4 juin 2016).
- [30] <http://www.archos.com/fr/products/objects/chome/ash/description.html?#menu> (valide à la date du 28/05/2016).
- [31] <https://congresitsbordeaux2015.wordpress.com/2015/05/22/scoopf-une-vitrine-de-la-voiture-connectee-a-la-francaise/> (valide à la date du 28/05/2016).
- [32] <http://www.proximamobile.fr/article/france-experimentation-des-transports-intelligents-et-des-voitures-connectees-en-2015> (valide à la date du 28/05/2016).

## 9. ANNEXES

### 9.1. Documentation technique

**Annexe 1 :** Tableau issu de *l'Internet des objets* (Edition MSH) qui résume les principaux systèmes technologiques nécessaires au fonctionnement de l'IDO.

TABLEAU I Principaux systèmes technologiques nécessaires au fonctionnement de l'IdO

Type de systèmes	Identification (y compris lecteurs)	Capteurs	Connexion	Intégration	Traitement de données	Réseaux
<b>Enjeux</b>	Reconnaitre chaque objet de façon unique et recueillir les données stockées au niveau de l'objet.	Recueillir des informations présentes dans l'environnement pour enrichir les fonctionnalités du dispositif.	Connecter les systèmes entre eux.	Intégrer les systèmes pour que les données soient transmises d'une couche à l'autre.	Stocker et analyser les données pour lancer des actions ou pour aider à la prise de décisions.	Transférer les données dans les mondes physiques et virtuels.
<b>Technologies anciennes (exemples)</b>	Codes barres, solutions RFID simples	Thermomètre, hydromètre...	Câbles...	<i>Middlewares...</i>	Excel, ERP, CRM...	Internet, Ethernet...
<b>Technologies récentes (exemples)</b>	Solutions RFID complexes, Surface Acoustic Waves, puces optiques, ADN	Capteurs miniaturisés nanotechnologies	Bluetooth, Near Field Communication (NFC), WiFi...	<i>Middlewares évolués</i>	Datwarehouse 3D (compatible avec les puces RFID), Web sémantique...	Réseau EPCglobal...