

# Etat de l'art associé au projet tuteuré

## Vers une maison intelligente

Rougeaux, Sophie, rougeaux@etud.insa-toulouse.fr

Delga, Baptiste, delga@etud.insa-toulouse.fr

Lemaître, Aurélien, alemaitr@etud.insa-toulouse.fr

Malique, Jonathan, malique@etud.insa-toulouse.fr

4<sup>ème</sup> année AE-SE

Tuteur : Monteil, Thierry

### Résumé du projet

Durant cette quatrième année en école d'ingénieurs, nous avons choisi un projet de création d'un système intelligent dans le contexte des « smart-homes ». Ce projet présente une grande liberté car c'est un sujet très vaste et en pleine expansion.

Pour cela, nous avons à disposition des logiciels ainsi que des capteurs de toutes sortes, des cartes microcontrôleur, des actionneurs, des tablettes et smartphones, et tous les équipements qui pourraient être utiles pour ce sujet.

Le domaine des systèmes intelligents comprend de nombreuses parties comme l'analyse de l'environnement par les capteurs, la récupération des données des capteurs, la planification des actions en fonction de l'analyse, l'interaction avec les smartphones et tablettes, les habitants, ou encore les types de communication.

Le but du projet est donc de se focaliser sur une partie des systèmes intelligents possibles dans une maison intelligente, d'inventer cette partie et de la créer pour la tester en réel.

Nous souhaitons implémenter un processus de reconnaissance faciale à l'entrée de la maison. Selon la personne détectée, un scénario sera mis en place. Par exemple, faire couler un café pour la personne X, ou allumer la lumière dans une certaine pièce pour la personne Y. Les consignes et les visages seront référencés via une application.

Une extension de ce projet pourrait être la reconnaissance d'animaux, par exemple pour n'ouvrir la chatière que pour le chat de la maison, ou encore l'enregistrement des personnes qui appuient sur la sonnette et l'envoi de notifications correspondantes à ce visage.

# Sommaire

---

1. Introduction .....	3
2. Enjeux des maisons intelligentes.....	4
2.1. Rapide historique .....	4
2.2. Les systèmes intelligents, leurs contraintes et enjeux .....	4
2.3. L'intelligence artificielle .....	5
3. Plateformes de communication M2M et leurs enjeux.....	6
3.1. Autonomic computing .....	6
3.1.1. Qu'est-ce que l'autonomic computing ? .....	6
3.1.2. FRAMESELF, gestionnaire autonome développé par le LAAS-CNRS.....	7
3.1.2.1. Principe et but .....	7
3.1.2.2. Architecture de FRAMESELF : MAPE-K .....	8
3.2. Plateformes M2M .....	9
3.2.1. OM2M .....	9
3.2.2. Autres plateformes de communication.....	10
3.3. L'architecture REST .....	11
4. Protocoles de communication .....	12
4.1. Protocole filaire et sans-fil : Ethernet .....	12
4.2. Protocole sans-fil : le Wi-Fi ou IEEE 802.11 .....	12
4.3. Protocole sans-fil : le Bluetooth ou IEEE 802.15.1 .....	12
4.4. Protocole sans-fil : Z-Wave et Zigbee .....	13
5. Reconnaissance faciale.....	14
5.1. A deux dimensions .....	15
5.2. A trois dimensions .....	15
5.3. Exemples .....	15
5.3.1. Zibase .....	15
5.3.2. Face ID pour Iphone.....	15
6. Conclusion.....	17
7. Références bibliographiques .....	18
8. Table des illustrations.....	20

## 1. Introduction

L'utilisation du terme « smart-home » n'est pas anodin. En effet, « home » signifie foyer (chez-soi) plutôt que maison au sens du bâtiment. Une « smart-home » est donc le fait d'obtenir un foyer intelligent. La notion d'intelligence n'est pas ici liée à une capacité de raisonnement, mais à une impression ressentie par l'humain lorsqu'un objet réagit à son environnement, de par sa communication avec d'autres objets et l'analyse informatique d'informations.

Aujourd'hui, on peut considérer qu'il y a quatre éléments à prendre en compte lorsqu'on s'occupe d'un foyer [1] : sa sécurité et son contrôle, son activité (les mouvements), les relations sociales et sa pérennité, et, finalement, son identité et sa valeur ajoutée.

Le concept de smart-home permet donc d'améliorer le confort d'un foyer. Le fait de vivre en ayant moins d'effort à fournir s'est vraiment développé à la fin du dernier siècle. On peut définir les maisons intelligentes de deux manières différentes [1] : une habitation équipée de technologies de l'information et de la communication avec des appareils qui peuvent être commandés et surveillés par les propriétaires, ou, d'une autre manière, un foyer connecté avec une interaction entre les éléments des systèmes d'énergie de la maison.

Ce concept se base d'abord sur un autre concept : la domotique. En effet, la domotique est « l'ensemble des technologies utilisées dans les bâtiments qui permettent de centraliser le contrôle des différents équipements et services d'un bâtiment » [2]. Les maisons domotisées peuvent donc centraliser les différentes fonctions nécessaires aux habitants pour leur confort, sécurité et communication, comme le chauffage, l'ouverture des portes et fenêtres et leur sécurisation, les lumières ou les appareils électroniques de toutes sortes. Certaines de ces fonctions peuvent alors avoir un aspect économique et écologique.

Nous allons donc voir dans cet état de l'art une première partie sur les systèmes intelligents en général, les technologies qu'ils utilisent et leurs enjeux principaux à l'heure actuelle. Puis nous verrons comment sont connectés les systèmes intelligents grâce aux différents protocoles et plateformes. Enfin, nous développerons une partie sur la reconnaissance faciale, technique en plein essor, qui permet de nombreuses applications, dont une sécurité de verrouillage par exemple.

## 2. Enjeux des maisons intelligentes

### 2.1. Rapide historique

La domotique est une idée finalement assez ancienne, mais qui n'a pas eu un succès immédiat et qui s'est développée plutôt lentement. Il n'y a pas de point de départ exact à son histoire mais certains s'accordent à dire que l'invention de Nicolas Tesla, en 1898, peut être considérée comme celui-ci.

En effet, c'est à cette date-là qu'il a créé la première télécommande sans fil, pour contrôler un petit bateau par ondes radio. Ensuite, des années 1900 à 1950, tous les grands développements industriels de l'électroménager que nous connaissons aujourd'hui ont eu lieu : la machine à laver le linge, le fer à repasser, l'aspirateur, le frigo, le grille-pain, qui étaient à cette époque des produits de luxe.

En 1947 sort le premier transistor [3], composant électronique permettant d'amplifier des signaux électroniques et qui a donc permis d'obtenir une électronique moins chère et plus puissante. En 1971 sort le premier microcontrôleur créé par Texas Instrument ce qui a donc également induit une baisse des prix des appareils électroniques [4].

C'est finalement en 1984 qu'on trouve la première utilisation du terme "smart home" par American Association of House Builder. En effet, après la démocratisation des appareils électroniques dans les habitations grâce aux baisses de tarifs, l'Homme voulant toujours plus de confort, l'idée de connecter les objets s'est fortement développée. D'ailleurs entre la fin du 20ème siècle et le début du siècle actuel, de nombreux protocoles de communication se sont développés, notamment Z-Wave et Zigbee, sorti une année plus tard pour concurrencer Z-Wave, au début des années 2000 et qui sont les protocoles les plus utilisés dans le domaine des maisons intelligentes.

### 2.2. Les systèmes intelligents, leurs contraintes et enjeux

Une « smart-home » utilise de nombreux objets connectés et/ou intelligents. Il faut tout d'abord bien comprendre la différence entre un objet connecté qui a besoin de l'utilisateur (pour appuyer, activer, contrôler), et un objet intelligent qui est un appareil agissant par lui-même, qui s'adapte à son environnement et qui est beaucoup plus autonome.

Le besoin principal d'un foyer intelligent est une coopération de tous les systèmes, de partager les ressources communes et d'éviter la duplication des capteurs et afficheurs.

Les systèmes intelligents possèdent cependant de nombreuses contraintes [5]. En effet, un système que l'on pourrait caractériser d'idéal dans le domaine des smart-homes serait un système peu cher, sécurisé, sans fil et nécessitant le minimum de configuration et de maintenance. Voici donc une liste non exhaustive des différents enjeux des systèmes intelligents :

- L'interopérabilité

Un des points et objectifs fondamentaux des smart-homes est l'interopérabilité. On peut définir l'interopérabilité comme la capacité des systèmes, applications et services à travailler et fonctionner tous ensembles de manière fiable et prévisible, ou leur capacité à échanger des informations et à utiliser cette information échangée [6].

Pour mettre en œuvre l'interopérabilité, il faut donc effectuer plusieurs tâches : définir un langage et le format des données échangées entre les systèmes, définir un mécanisme de mise en relation des systèmes et de leur paramétrage puis définir un mécanisme de sécurisation et de confidentialité.

C'est sur l'architecture de l'interopérabilité qu'est basée l'architecture du système d'une smart-home, c'est donc un point très important à prendre en compte lors d'un nouveau projet.

- Développement des applications embarquées

Les applications de l'Internet of Things (IoT) sont souvent créées pour ne pas être modifiées trop souvent et fonctionner tout le temps et partout. Elles doivent pouvoir prendre de meilleures décisions plus rapidement en recevant des données et les traiter efficacement. De plus en plus d'applications sont créées à partir des standards d'architecture les plus connus ce qui leur permet d'être utilisées avec de nombreuses plateformes M2M.

- Manipulation des données et sécurité, identification des appareils

On peut aussi aborder la sécurité des systèmes intelligents, très importante aujourd'hui, avec l'augmentation de la méfiance du consommateur. Cette sécurité commence déjà par celle des réseaux utilisés. Ensuite il faut porter attention aux types de cryptage utilisés lors des communications ainsi que les garanties amenées. En effet, la communication sans-fil n'est pas sans risque et il est possible d'intercepter des informations transmises.

Les systèmes doivent également savoir traiter et filtrer les données reçues par les capteurs. En effet, trop de données inutiles satureraient le système. Finalement, il faut pouvoir donner une adresse physique à tous les appareils : un identifiant.

- L'efficacité énergétique

La plupart des appareils d'un réseau intelligent fonctionnent grâce à une batterie. Il faut donc pouvoir obtenir une efficacité énergétique suffisante pour rester dans le confort de l'utilisation de l'appareil. Cette consommation d'énergie dépend de la fréquence de synchronisation des données, de leur obtention, de leur quantité et des moyens de communication.

- Le coût

Aujourd'hui, même si l'utilisation des systèmes intelligents a tendance à se démocratiser, ils restent souvent des produits de luxe. Le problème est de réussir à obtenir un appareil qui reste performant tout en réduisant sa complexité (fabrication, matériaux, codage, taille, protocoles).

## **2.3. L'intelligence artificielle**

Bien entendu, en regardant les différents enjeux et nécessités des maisons intelligentes, qui doivent pouvoir se gérer de plus en plus de manière autonome, on ne peut s'empêcher de penser à l'intelligence artificielle.

L'intelligence artificielle est « la science dont le but est de faire faire par une machine des tâches que l'homme accomplit en utilisant son intelligence » [7]. Cette science correspond au traitement des informations qui ne peut pas être fait de manière précise et algorithmique.

Aujourd'hui, les « smart-homes » se basent plutôt sur du codage algorithmique mais une utopie serait d'utiliser les IA pour faire fonctionner une maison et l'optimiser par exemple en décidant à quelle heure fermer les volets, et comprendre les habitudes des habitants.

Il existe une technique de logique (qui est plutôt probabiliste) très utilisée dans l'intelligence artificielle qui s'appelle logique floue (ou fuzzy logic) et qui permet de modéliser les imperfections des données, et se rapproche énormément du raisonnement humain [8]. Les langages informatiques peuvent être utilisés pour coder cette logique et des bibliothèques existent pour chacun d'eux.

En logique floue il n'y a plus seulement deux solutions 'vrai' ou 'faux' mais des degrés de satisfaction des conditions (plus ou moins vrai et plus ou moins faux).

Cela permet aux systèmes de prendre des décisions plus humaines en fonction des conditions de départ qu'on lui fournit.

### 3. Plateformes de communication M2M et leurs enjeux

#### 3.1. Autonomic computing

##### 3.1.1. Qu'est-ce que l'autonomic computing ?

L'internet des objets étant constitué d'un nombre croissant d'objets hétérogènes et en évolution constante, les réseaux Machine to Machine (M2M) deviennent de plus en plus complexes et difficiles à gérer.[9]

Les modes et protocoles de communication sont très variés et l'augmentation du volume de données échangées rend la maintenance de ces plateformes M2M coûteuse, aussi bien en termes de temps que d'argent. Leur complexité sera un jour telle qu'un être humain ne saura pas les gérer.

Afin que les réseaux M2M puissent continuer à se développer, il est donc nécessaire et primordial que ceux-ci sachent s'autogérer. [10]

L'autonomic computing, ou informatique autonome, est une solution promettante à ce problème. Ce terme définit l'« ensemble des techniques utilisées pour permettre à un réseau ou à un système informatique de gérer lui-même les éléments qui le composent et d'entreprendre automatiquement les actions nécessaires à son fonctionnement optimal, sans intervention humaine ». [11]

L'idée de l'autonomic computing a été introduite la première fois par IBM en 2001. Le terme choisi, "autonomic", est utilisé en biologie pour parler de l'« autonomic nervous system », le système nerveux autonome du corps qui contrôle nos fonctions vitales sans que nous ayons à y penser. Le principe de l'autonomic computing est donc de gérer les composants d'un système, dans toute situation, pour satisfaire les consignes données par un administrateur.

Les 4 aspects d'autogestion donnés par IBM sont :

- L'autoconfiguration
- L'auto-optimisation
- L'auto-réparation
- L'autoprotection

Table 1. Four aspects of self-management as they are now and would be with autonomic computing.		
Concept	Current computing	Autonomic computing
Self-configuration	Corporate data centers have multiple vendors and platforms. Installing, configuring, and integrating systems is time consuming and error prone.	Automated configuration of components and systems follows high-level policies. Rest of system adjusts automatically and seamlessly.
Self-optimization	Systems have hundreds of manually set, nonlinear tuning parameters, and their number increases with each release.	Components and systems continually seek opportunities to improve their own performance and efficiency.
Self-healing	Problem determination in large, complex systems can take a team of programmers weeks.	System automatically detects, diagnoses, and repairs localized software and hardware problems.
Self-protection	Detection of and recovery from attacks and cascading failures is manual.	System automatically defends against malicious attacks or cascading failures. It uses early warning to anticipate and prevent systemwide failures.

Fig. 1. Les aspects de l'autogestion par IBM [12]



Aujourd'hui, la fragmentation verticale des domaines d'application des objets connectés empêche la mise en place récurrente de systèmes autonomiques. Le manque d'interopérabilité entre chaque système est un frein au développement de l'autonomic computing. [10]

OneM2M, formé en 2012 par sept organismes de normalisation internationaux, développe un ensemble de standards pour une plateforme de service horizontale pour permettre l'interopérabilité, comme présenté sur la figure suivante.

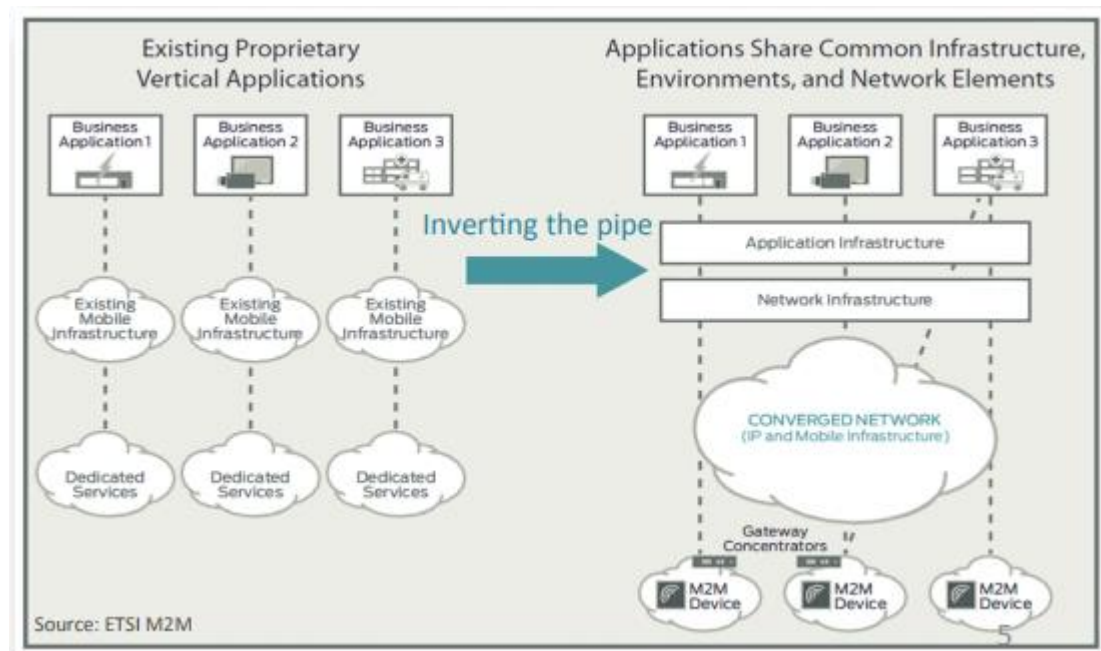


Fig. 2. Amélioration de l'architecture avec le standard OneM2M [9]

Cependant, ces standards ne prennent pas en compte les aspects d'auto-maintenance et d'auto-configuration du système. FRAMESELF, outil d'autonomic computing, a été développé dans ce but.

### 3.1.2. FRAMESELF, gestionnaire autonome développé par le LAAS-CNRS

#### 3.1.2.1. Principe et but

FRAMESELF est un intergiciel générique et extensible, créé par le LAAS pour autogérer les services de communication M2M. Il est construit de façon à pouvoir être utilisé dans de nombreux domaines de M2M. [13][14]

FRAMESELF, contrairement aux gestionnaires autonomiques existants, est développé de manière à pouvoir s'adapter à tous les domaines et à toutes les exigences. Son autogestion des services de communication doit s'adapter aux machines présentes sur le réseau, aux applications et aux changements dans l'environnement. [10]

Modulaire et extensible, Il déploie des modules de communications asynchrones et synchrones orientés service pour gérer la réception d'événements venant des capteurs (communication asynchrone) ainsi que le contrôle à distance des actuateurs (communication synchrone). Il peut utiliser différents modèles pour contrôler des systèmes : logique, grammaire graphique, sémantique, ... [9]

### 3.1.2.2. Architecture de FRAMESELF : MAPE-K

L'architecture de FRAMESELF est basée sur l'architecture autonome de référence d'IBM, l'architecture MAPE-K. [15]

Elle comporte quatre modules autonomes qui sont le Monitor, l'Analyzer, le Planner, et l'Executor. Ils partagent le même ensemble de connaissance, tel que représenté sur la figure ci-dessous.



Fig. 3. Architecture de FRAMESELF MAPE-K [10]

Chaque module, constitué d'un Inference Engine (fixe) et des connaissances (variable) est capable de raisonner et de prendre une décision à la manière d'un humain. Ils constituent ensemble la boucle de contrôle qui dirige les entités à contrôler, grâce à des capteurs et des actionneurs.

- Le Monitor

Le Monitor répond à la question "que se passe-t-il ?". Il récupère les informations envoyées par les capteurs, met à jour le modèle décrivant l'environnement et la topologie des capteurs, situé dans le Knowledge base, puis extrait les informations pertinentes, les symptômes, à envoyer à l'Analyzer. Petit à petit, le Monitor construit un modèle qui suit l'architecture M2M haut niveau définie par ETSI, toujours dans un but de standardisation et de généricité.

- L'Analyzer

L'Analyzer réponds à la question "que faire ?". Il reçoit les symptômes et les utilise pour mettre à jour le modèle de connaissances décrivant la situation. Il peut aider à prévoir les changements dans l'environnement. Il génère des Requêtes de Changement (RFC, Request For Change), par exemple sur les services de communication M2M à déployer, et les envoie au Planner.

- Le Planner

Le Planner répond à la question "comment faire ?". Il reçoit les RFCs en tant qu'états à atteindre, et sélectionne les actions amenant à ces états. Son travail est guidé par des règles, des modèles d'action et la base de connaissance. Il génère des graphes de déploiement (deployment graph) suivant les RFCs reçues.



- L'Executor

L'Executor reçoit les séquences d'action à effectuer et vérifie leur opération concrète correspondante grâce à un modèle contenant la description des actionneurs et des opérations disponibles. Il fait exécuter ces actions aux acteurs puis génère des rapports et enregistre les informations pertinentes dans la base de connaissances. Il répond à la question "how is it done?".

Dans le cadre de notre projet, FRAMESELF sera le moyen de gérer la communication entre nos capteurs et actionneurs.

### **3.2. Plateformes M2M**

C'est au travers des plateformes basées sur le standard OneM2M que l'on peut implémenter un système intelligent plus facilement et efficacement. Ces plateformes [16] permettent d'intégrer et de connecter des appareils et peuvent utiliser des protocoles de communication que nous verrons dans la prochaine partie.

Selon les plateformes, elles utilisent différents langages informatiques, sont en libre-service et fonctionnent sous certains systèmes d'exploitation.

Elles permettent donc de connecter tous les appareils qui travaillent avec une application de la plateforme ce qui amène un allègement des protocoles de communication. De plus, avec les mises à jour des plateformes, on peut connecter toujours plus d'appareils et utiliser de plus en plus de protocoles.

#### **3.2.1. OM2M**

OM2M est la plateforme que nous utiliserons durant notre projet pour implémenter notre système intelligent. Cette plateforme appartient à Eclipse et a été développée au LAAS.

C'est « une plateforme de services standardisée qui implémente les capacités de services critiques requis pour les applications machine vers machine et l'internet des objets. Elle permet aux services d'être implémentés indépendamment du réseau et de la couche matérielle sous-jacente, rendant la tâche plus facile pour les développeurs d'applications qui intègrent des types d'appareils et des protocoles réseau hétérogènes » [17].

Créée en 2015, OM2M supportait uniquement deux protocoles de communication, HTTP et CoAP. Aujourd'hui, il possède de nouvelles fonctionnalités et peut intégrer d'autres protocoles réseau tels que Zigbee, Bluetooth, Z-Wave pour ne citer que les principaux. OM2M est expérimenté au LAAS ADREAM Smart Building et building mockup. Il est également commercialisé et utilisé dans des projets de recherche européens tel que ITEA2-A2NETS sur l'autonomic computing. [18] [19]

Plus techniquement, OM2M utilise le modèle OSI et se situe au plus haut niveau des couches (couche applicative 7). Ainsi, OM2M sera intégré dans tous les appareils et c'est grâce à ce fonctionnement que la connexion entre chaque appareil sera meilleure. De plus, OM2M utilise les principes des API REST pour les services de machine vers machines et de l'internet des objets [16].

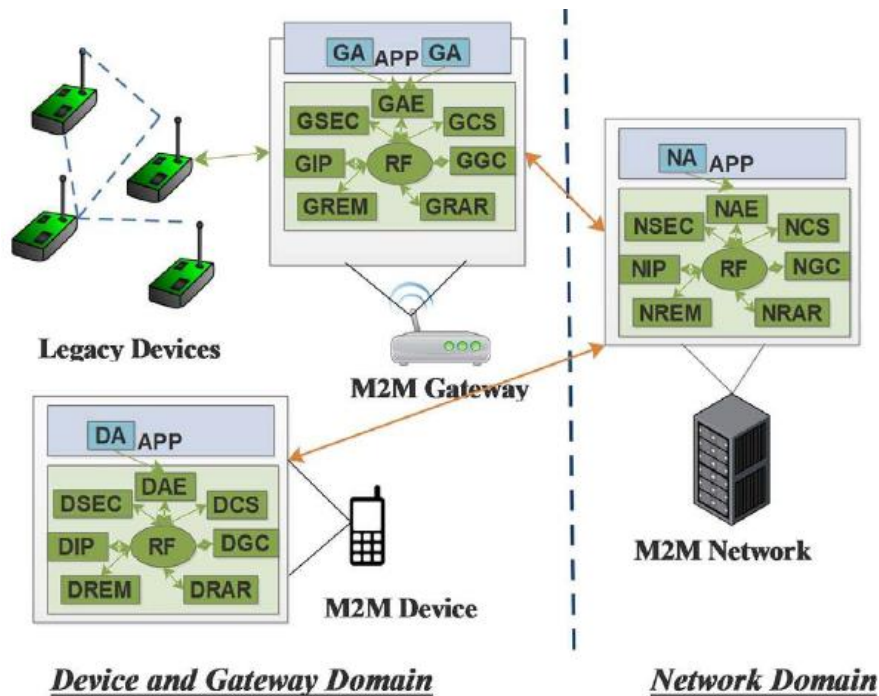


Fig. 4. Architecture de OM2M [16]

### 3.2.2. Autres plateformes de communication

Il existe de nombreuses autres plateformes en open-source, fonctionnant sur divers systèmes d'exploitation, utilisant différents services API et langages de programmation. Quelques exemples sont donnés ci-dessous ainsi qu'un tableau récapitulatif des plateformes open-source existantes. [16]

- OpenXC, très spécialisé, est né d'un partenariat entre Ford et Bugs Lab. Le but est de pouvoir « hacker » sa voiture en ayant accès aux logiciels et matériels liés à la connectivité de la voiture.
- DeviceHive est un intergiciel qui a l'avantage de pouvoir être utilisé pour créer une application sur Android ou iOS.
- L'architecture de OpenMTC, tout comme OM2M, suit les standards OneM2M. Il suit l'architecture RESTful et permet la communication entre les couches routeur et réseau.

Open source M2M application development entities.

Platform	Function	Distributed	Centralized	OS	Language	Service API
OM2M	Service Platform	Yes	No	Linux/Window/Mac	Apache Maven, Java	RESTful
Legato (Seirra Wireless Legato)	Embedded Platform	Yes	Yes	Linux	Multi-Language	C-based Library
Device Hive (Device Hive)	Middleware	No	Yes	iOS, Android	. Net Framework	C++
Paho	Messaging protocols	Yes	No	Windows/Unix/Mac	. Net/C/Python	Java APIs
Koneki	IDE, Simulator	Yes	No	Cross-platform	Lua	Java APIs
Mihini	Open Hardware Platform	No	Yes	Linux	Lua	Lua APIs
Open MTC	Middleware	No	Yes	Linux/Android	HTTP	RESTful

Fig. 5. Tableau comparatif des différentes plateformes M2M [16]

### **3.3. L'architecture REST**

Pour construire les applications utiles aux systèmes, on doit utiliser certains protocoles. Certains de ces protocoles utilisent un style d'architecture répandu aujourd'hui : REST. Nous utiliserons REST dans le cadre de notre projet en association avec OM2M. C'est un ensemble de conventions et de standards à respecter.

REST, signifiant Representational State Transfer, est un regroupement d'API permettant différents types d'échange d'information entre logiciels. Une API, Application Programming Interface, est un lien entre deux applications. Elle permet de connecter des applications souhaitant échanger des informations. On peut y faire une analogie entre la télécommande et la télévision. La télécommande est le lien entre nous et la télévision [20].

REST est ainsi basée sur le protocole HTTP, qui est le cœur du web. En choisissant une API REST, on va imiter le style de communication du web, cela permettant une meilleure intégration. Cette API va donc fonctionner en effectuant des requêtes comme un serveur et un client et possède plusieurs aspects : elle possède une mémoire, possibilité d'ajouter un code pour sécuriser, fonctionne avec un système de couche, est sans-état c'est-à-dire que le serveur ne saura jamais l'état du client entre deux requêtes.

Enfin, les réponses du serveur des API REST peuvent être en JavaScript Object Notation (JSON), XML, CSV ou RSS. C'est à l'utilisateur de choisir suivant le fonctionnement qu'il souhaite [21].

## 4. Protocoles de communication

Nous avons donc vu les différents protocoles et applications nous pourrions utiliser lors de ce projet. En revanche, ce que nous n'avons pas encore déterminé est : Comment les capteurs et actionneurs communiqueront ensemble et avec les utilisateurs ?

Ainsi, nous allons détailler les différents protocoles de communication filaire ou sans-fil qui seraient utilisables au cours de ce projet.

### 4.1. Protocole filaire et sans-fil : Ethernet

Ethernet est un protocole fortement utilisé dans les réseaux locaux. Il a été lancé dans les années 2000 et a gagné son succès de par son faible prix, l'augmentation du débit au fil des années (100 Gb/s maximum actuellement) et la possibilité de l'utiliser en mode filaire ou sans-fil.

Dans le modèle OSI, il est aujourd'hui le standard pour les couches de protocole niveau 1 et niveau 2. Ainsi, la couche de niveau 1 peut correspondre à différents médias (supports de communication). Pour les connexions filaires, on utilise le standard 802.3. Pour les connexions sans-fils, on pourra utiliser les standards IEEE 802.11 pour les connexions radio à courte distance et 802.16 pour les connexions radio à longue distance [22].

### 4.2. Protocole sans-fil : le Wi-Fi ou IEEE 802.11

Le standard IEEE 802.11 est de plus en plus utilisé comme alternative au réseau filaire. Il est utilisé fréquemment dans les lieux tels qu'un bureau, une maison, un centre commercial, un aéroport. Il permet de se connecter à un réseau local sans aucun fil ce qui est moins contraignant que le réseau filaire. Ces réseaux sont surnommés Wi-Fi (Wireless Fidelity).

Ce protocole, plus lent que le protocole Ethernet, est utilisé à des fréquences de 2,4GHz pour les bandes de fréquences ISM (le plus courant) pour fournir une connectivité internet [23]. Mis à part cela, il est utilisé dans les systèmes connectés nécessitant une connexion internet comme l'éclairage automatique des villes, les systèmes de sécurité intelligents. En revanche, il possède des points négatifs importants lorsque l'on souhaite son utilisation dans le cadre de l'Internet des Objets.

C'est un protocole très gourmand en puissance, il va donc consommer énormément et donc diminuer l'autonomie des objets connectés ou augmenter la consommation électrique d'un particulier significativement. De plus, il utilise une bande de fréquence très utilisée et peut être sujet à des interférences [16].

### 4.3. Protocole sans-fil : le Bluetooth ou IEEE 802.15.1

Le standard IEEE 802.15.1, plus connu sous le nom de Bluetooth, est un standard jouant un rôle clé dans les communications M2M. Le Bluetooth, comme pour le Wi-Fi, fonctionne dans les bandes ISM de 2,4GHz.

Le Bluetooth diffère du Wi-Fi du fait qu'il couvre sur une distance maximale le plus souvent de 10m. En revanche, il est plus utilisé pour connecter des petits appareils électroniques (souris, clavier à un ordinateur), transfert entre smartphones puisque ce sont des applications qui ne nécessitent pas d'accès à internet. Ainsi, sa consommation d'électricité est sans aucun doute moindre par rapport au Wi-Fi mais c'est toujours une consommation assez élevée dans le cas d'une utilisation d'objet très petit.

Pour compenser cette consommation, une amélioration de ce Bluetooth a été créée (et toujours en constante amélioration) appelée Bluetooth Low Energy (BLE ou Bluetooth 4.0). L'utilisation de ce Bluetooth permet une diminution de la consommation des objets électroniques, spécialement lorsqu'ils sont connectés à des batteries. Pour autant, son débit

maximal n'est pas fortement diminué puisqu'il peut atteindre jusqu'à 1Mbit/s. Le point négatif de cette technologie est la possibilité de communiquer entre deux appareils uniquement.

#### 4.4. Protocole sans-fil : Z-Wave et Zigbee

Pour pallier à ces problèmes de consommation trop élevée et de nombre d'appareils connectables en même temps, Zen-Sys a développé un protocole pour l'automatisation de la maison. Le réseau sera connecté à internet grâce à un serveur centralisé ou un routeur. Les appareils communiqueront directement avec le nœud de contrôle central. Ce protocole a donc été nommé Z-Wave et il permet une transmission pouvant aller jusqu'à 100 Kbits/s, ce qui est une diminution comparée aux autres technologies mais suffisante dans le cadre de capteurs. La distance maximum est de l'ordre des 30m, ce qui est très bien pour des applications au sein d'une maison [16].

Z-Wave fut introduit en 2001. En 2004, un nouveau protocole permettant la communication d'équipements est introduit. Il reprend les mêmes codes que le Z-Wave mais ajoute de nouvelles fonctionnalités. Il fut de suite adopté et connu un très grand essor. Zigbee possède trois types d'appareils dans son réseau : le coordinateur, le routeur et l'appareil utilisateur. Zigbee possède une vitesse de transmission plus élevée puisqu'elle peut atteindre jusqu'à 250 Kbits/s. Il fonctionne sur la base du standard IEEE 802.15.4 et les liens entre les différents appareils fonctionnent comme suivant :

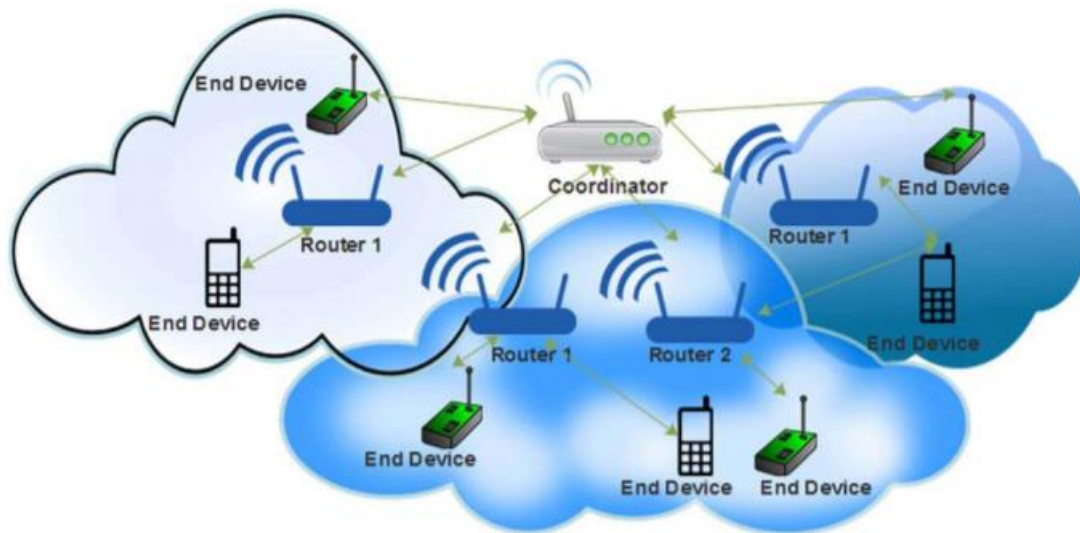


Fig. 6. Architecture des connexions d'un réseau Zigbee [16]

Ainsi, chaque appareil utilisateur sera connecté avec un routeur et le routeur fera la connexion au coordinateur. Cela permet donc d'avoir plusieurs réseaux et donc d'élargir et accroître fortement le nombre d'appareils connectables.

Les inconvénients de Zigbee sont qu'il n'offre pas un mécanisme sécurisé pour le réseau. De plus, Zigbee ne résout pas les problèmes d'interférences. En revanche, la faible consommation et son système de connexion entre les différents appareils font de Zigbee le leader pour les applications en maison connectée.

## 5. Reconnaissance faciale

La reconnaissance faciale est une nouvelle technologie permettant de pouvoir identifier les individus selon une de leurs caractéristiques physiques, la morphologie de leur visage. Cette technologie peut être appliquée pour de nombreuses activités notamment liées à la sécurité. En effet, ce système permet par exemple d'identifier des potentiels criminels, de vérifier l'identité de voyageurs, de sécuriser des transactions en ligne, de déverrouiller l'écran de son ordinateur ou téléphone portable.

Actuellement en plein essor, cette technologie s'immisce de plus en plus dans le monde des entreprises et dans de nouveaux secteurs dont les objets connectés avec par exemple la sonnette connectée.

La reconnaissance faciale ne nécessite aucune utilisation d'outil spécifique étant sans contact, ce qui fait d'elle une solution idéale pour l'identification de personnes. Son efficacité dépend de plusieurs éléments dont la qualité de l'image capturée, la performance d'algorithmes d'identification et la fiabilité des bases de données. [24]

La reconnaissance faciale est une technologie biométrique dont les systèmes automatisés étudient les caractéristiques d'un visage telles que l'écartement des yeux, des arêtes du nez, des lèvres, des oreilles, du menton comme nous pouvons voir sur la photo ci-dessous.



Fig. 7. Lignes et points caractéristiques étudiés (reconnaissance faciale) [24]

Ces différentes caractéristiques seront analysées puis comparées à une base de données existante regroupant différents visages, ce qui permettra d'identifier une personne.

Cette technologie évolue très rapidement avec de nombreuses améliorations comme par exemple le développement de capteurs 3D, la reconnaissance de visages en mouvement ou même de profil, le développement de nouveaux modèles que l'on peut vieillir. [24]

Voici les 3 facteurs clés de l'efficacité de la reconnaissance faciale :

- Qualité de l'image :

En effet, l'image d'un visage d'une personne autorisant volontairement la capture de son visage (déverrouillage ordinateur) sera sans doute plus nette et plus facile à analyser qu'une image capturée par un autre système sans la coopération de l'individu (caméras de surveillance).



- Algorithme d'identification :

Cela peut dépendre aussi de la puissance de l'algorithme utilisé, c'est-à-dire des traits de visage traités ou non par l'algorithme.

- Base de données :

Enfin, plus la base de données d'images ciblées est grande, plus la probabilité de trouver une correspondance entre image capturée et image source est grande.

Dans notre cas, cela n'aura pas forcément d'influence, le but étant de reconnaître les visages d'une poignée de personnes. [25]

### **5.1. A deux dimensions**

La reconnaissance faciale repose sur trois phases : la détection du visage, l'analyse du visage avec un résultat numérique et la comparaison du résultat avec un visage enregistré dans la base de données. Il est important de stocker un maximum d'images pour une personne, celles-ci seront moyennées et le système sera plus performant en identifiant la personne malgré le changement de quelques paramètres comme la luminosité par exemple. [26]

La reconnaissance 2D est effectuée à l'aide d'un algorithme s'appuyant sur les éléments du visage, il crée une image géométrique en fonction de ceux-ci. Ces paramètres sont ensuite encodés et comparés avec ceux de la base de données.

Un autre type d'algorithme peut être utilisé mais celui-ci encode numériquement l'image entière à l'aide des algorithmes de Fourier [27] ou encore en utilisant des eigenfaces où chaque visage peut être décrit par une combinaison linéaire de ses vecteurs propres [28].

### **5.2. A trois dimensions**

La reconnaissance est effectuée grâce à un modèle 3D qui regroupe différents points de vue de l'individu avec de nombreuses photos ou même vidéo. Des algorithmes analysent les différents éléments du visage pour permettre de créer un modèle 3D qui correspond à un visage. [29]

### **5.3. Exemples**

#### **5.3.1. Zibase**

La Zibase Multi est un produit de la société Zodianet, il s'agit d'une box domotique totalement dématérialisée dont le cœur du système est une application Android.

Elle est dotée de la reconnaissance faciale et peut reconnaître l'utilisateur ; ce dernier prend une série de photos en orientant son visage vers différents points qui s'affichent à l'écran, ceci constituant la base de données. [30]

#### **5.3.2. Face ID pour Iphone**

Dernièrement, les nouveaux Iphone possèdent une nouvelle fonctionnalité : le Face ID, capable de modéliser en 3D. Il permet de reconnaître le visage de l'utilisateur qui enregistre son visage en faisant un cercle de haut en bas avec sa tête en fixant l'écran (procédure à réaliser deux fois). Cette fonctionnalité permet de déverrouiller son portable en sécurisant ses données. Aussi, tant que le portable capte le visage de l'utilisateur, il reste allumé et ne se met en veille que lorsqu'il ne détecte plus son visage.

La modélisation complète d'un visage en 3D est réalisée à l'aide d'un projecteur envoyant 30 000 points lumineux invisibles sur le visage de l'utilisateur ainsi qu'une caméra infrarouge qui parcourt ces points en lisant la forme dessinée par ces points.



Fig. 8. Capteurs sur l'Iphone X permettant la reconnaissance faciale [31]

La forme de ces points donne un modèle à reliefs faciaux.



Fig. 9. Modèle 3D d'un visage vu par FaceID [32]

## 6. Conclusion

Pour conclure, cet état de l'art permet de se rendre compte de l'ampleur du développement des smart-homes aujourd'hui et depuis quelques années. Les systèmes intelligents que l'on peut retrouver dans ces foyers sont toujours plus performants, et il y a de nombreuses informations à prendre en compte lorsque l'on veut en créer un. Il faut tout d'abord savoir comment récupérer les données des différents capteurs utilisés, comment les traiter et comment les communiquer. Il faut ensuite pouvoir réagir en conséquence du traitement de ces données.

Pour cela, il faut pouvoir mettre en place un système de communication performant à l'aide des différents protocoles existants (Zigbee par exemple), puis utiliser de préférence une plateforme M2M qui permet de gérer différents appareils en même temps de manière plus facile, performante et intelligente. Dans le futur, avec le nombre grandissant d'objets connectés, un gestionnaire autonome des réseaux de capteurs tels que FRAMESELF deviendra nécessaire.

Il faut également réussir à créer une application qui sera adaptée à l'utilisation voulue et aux appareils utilisés grâce aux différents protocoles de création d'application (par architecture REST).

Toutes ces notions ont été illustrées au CES de Las Vegas 2018, qui a été l'année des technologies connectées pour la maison et la voiture. Pour gagner la course des objets connectés, les constructeurs et ingénieurs devront se pencher sur leurs enjeux, c'est-à-dire l'interopérabilité, le coût, la consommation d'énergie, la sécurité et la création des applications embarquées.

## 7. Références bibliographiques

- [1] K. Gram-Hanssen et S. J. Darby, « “Home is where the smart is”? Evaluating smart home research and approaches against the concept of home », *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 37, p. 94-101, 2018.
- [2] Techniques de l'Ingénieur, « La domotique, solution pour les bâtiments intelligents ? », *Techniques de l'Ingénieur*. [Online]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/la-domotique-solution-pour-les-batiments-intelligents-10144/>. [Consulté le: 31-janv-2018]
- [3] F. Bernot, « Composants de l'électronique de puissance », *Tech. Ing. Aliment. Électronique Puissance*, vol. base documentaire : TIB283DUO., n° ref. article : e3960, 2000 [Online]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/electronique-photonique-th13/alimentations-et-electronique-de-puissance-42283210/composants-de-l-electronique-de-puissance-e3960/>
- [4] R. J. Chevance, « Microprocesseurs - Introduction - Évolution technologique ». [Online]. Disponible sur: <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-technologies-logicielles-et-architecture-des-systemes-tiahb/archive-1/microprocesseurs-h1158/evolution-technologique-h1158niv10001.html>. [Consulté le: 31-janv-2018]
- [5] A. Lambert, « Le “Smart Home”, la domotique communicante au service des citoyens », 20-mars-2012 [Online]. Disponible sur: <http://www.asprom.com/bat/lambert.pdf>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [6] T. Perumal, A. R. Ramli, C. Y. Leong, M. Shattri, et Khairulmizam, « Interoperability for Smart Home Environment Using Web Services », *International Journal of Smart Home*, 04-oct-2008 [Online]. Disponible sur: <https://pdfs.semanticscholar.org/fb9c/c0ca8a35a8d27c9fb7b8b31e667ec38358b5.pdf>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [7] D. Pastre, « L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DEFINITION-GENERALITES-HISTORIQUE-DOMAINES », 2000.
- [8] F. Dernoncourt, « Introduction à la logique floue », *OpenClassrooms*. [Online]. Disponible sur: <https://openclassrooms.com/courses/introduction-a-la-logique-floue>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [9] G. Gharbi, M. Ben Alaya, T. Monteil, K. Drira, et N. Guermouche, « FrameSelf an autonomic framework : Application on Machine-to-Machine networks », 16-oct-2014 [Online]. Disponible sur: [http://projects.laas.fr/autonomique/workshop\\_16\\_10\\_14\\_\\_files/Gharbi\\_abstract.pdf](http://projects.laas.fr/autonomique/workshop_16_10_14__files/Gharbi_abstract.pdf). [Consulté le: 01-févr-2018]
- [10] M. Ben Alaya et T. Monteil, « FRAMESELF: A generic autonomic framework for self-management of distributed systems -Application on the self-configuration of M2M architecture using semantic and ontology », in *International Conference on Collaboration Technologies and Infrastructures (IEEE WETICE 2012)*, Toulouse, France, 2012 [Online]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01228322>
- [11] Office québécois de la langue française, « informatique autonome », *Grand Dictionnaire Terminologique*. juin-2012 [Online]. Disponible sur: [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=8360565](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8360565). [Consulté le: 01-févr-2018]
- [12] J. O. Kephart et D. M. Chess, « The vision of autonomic computing », *Computer*, vol. 36, n° 1, p. 41-50, janv-2003.
- [13] K. Drira et T. Monteil, « Communications et applications machine-to-machine » [Online]. Disponible sur: <http://www.laas.fr/LettreDuLaasStatic/dossiers/bienvenue-dans-le-monde-cyberphysique/communications-et-applications-machine-to-machine.html>

- [14] M. B. Alaya et T. Monteil, « FRAMESELF: an ontology-based framework for the self-management of machine-to-machine systems », *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 27, n° 6, p. 1412–1426, 2015.
- [15] « IBM: An Architectural Blueprint for Autonomic Computing », *IBM White Paper 4th Ed.*, juin-2006 [Online]. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01228325/document>
- [16] A. Ali, G. A. Shah, M. O. Farooq, et U. Ghani, « Technologies and challenges in developing Machine-to-Machine applications : A survey », 2017, p. 16, févr. 2017.
- [17] « Eclipse annonce OM2M / Guide Open Source », *Guide Open Source*. [Online]. Disponible sur: <http://www.open-source-guide.com/Actualites/Eclipse-annonce-om2m>. [Consulté le: 31-janv-2018]
- [18] Eclipse Foundation, *Eclipse OM2M & oneM2M standard: enabling interoperability for IoT - Eclipse IoT Day Grenoble 2016*. 2016 [Online]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=CTsqzQH8iwI&index=6&list=PLy7t4z5SYNaRUZ7jOOuzrobwkyYqY7k5p>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [19] ITEA 2, « A2Nets Machine to Machine communication », mars-2015 [Online]. Disponible sur: <https://itea3.org/project/result/download/5963/A2Nets>
- [20] « Qu'est-ce qu'une API ? », *OpenClassrooms*. [Online]. Disponible sur: <https://openclassrooms.com/courses/utilisez-des-api-rest-dans-vos-projets-web/qu-est-ce-qu-une-api>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [21] « Pourquoi REST ? », *OpenClassrooms*. [Online]. Disponible sur: <https://openclassrooms.com/courses/utilisez-des-api-rest-dans-vos-projets-web/pourquoi-rest>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [22] S. Desbureaux, « Protocole Ethernet - Mise en œuvre pour les services opérateurs », *Ref: TIP382WEB - « Réseaux Télécommunications »*, 10-mai-2013. [Online]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/techniques-et-systemes-de-transmission-en-reseaux-et-telecoms-42293210/protocole-ethernet-te2224/>. [Consulté le: 31-janv-2018]
- [23] D. Trezentos, « Standard pour réseaux sans fil : IEEE 802.11 », *Ref: TIP382WEB - « Réseaux Télécommunications »*, 10-mai-2002. [Online]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/reseaux-locaux-42292210/standard-pour-reseaux-sans-fil-ieee-802-11-te7375/>. [Consulté le: 31-janv-2018]
- [24] E. Verzanobres, « Reconnaissance faciale », *IDEMIA*, 28-juill-2015. [Online]. Disponible sur: <https://www.morpho.com/fr/reconnaissance-faciale>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [25] C. Pellegrini, « Comment fonctionnent les logiciels de reconnaissance faciale? - rts.ch - Technologies », 24-mai-2012. [Online]. Disponible sur: <https://www.rts.ch/decouverte/sciences-et-environnement/technologies/4641430-comment-fonctionnent-les-logiciels-de-reconnaissance-faciale-.html>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [26] S. G. Ababsa, « Authentification d'individus par reconnaissance de caractéristiques biométriques liées aux visages 2D/3D », *Evry-Val Essonne*, 2008.
- [27] J. Li, Y. Wang, T. Tan, et A. K. Jain, « Live face detection based on the analysis of fourier spectra », in *Biometric Technology for Human Identification*, 2004, vol. 5404, p. 296–304.
- [28] W. Zhao, R. Chellappa, P. J. Phillips, et A. Rosenfeld, « Face recognition: A literature survey », *ACM Comput. Surv. CSUR*, vol. 35, n° 4, p. 399–458, 2003.
- [29] V. Blanz et T. Vetter, « Face recognition based on fitting a 3D morphable model », *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 25, n° 9, p. 1063–1074, 2003.

- [30] C. Locqueneux, « La reconnaissance faciale arrive sur Zibase Multi ! », *Maison et Domotique*. 04-mars-2015 [Online]. Disponible sur: <https://www.maison-et-domotique.com/51773-la-reconnaissance-faciale-arrive-sur-zibase-multi/>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [31] N. Lellouche, « iPhone X : comment fonctionne la reconnaissance faciale sécurisée d'Apple », *FIGARO*, 13-sept-2017. [Online]. Disponible sur: <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2017/09/13/32001-20170913ARTFIG00226-iphone-x-comment-fonctionne-la-reconnaissance-faciale-securisee-d-apple.php>. [Consulté le: 01-févr-2018]
- [32] N. Six, « Face ID, la reconnaissance faciale des iPhone X », 16-nov-2017. [Online]. Disponible sur: [http://www.lemonde.fr/pixels/article/2017/11/14/on-a-teste-face-id-la-reconnaissance-faciale-des-iphone-x\\_5214763\\_4408996.html](http://www.lemonde.fr/pixels/article/2017/11/14/on-a-teste-face-id-la-reconnaissance-faciale-des-iphone-x_5214763_4408996.html). [Consulté le: 01-févr-2018]

## 8. Table des illustrations

Fig. 1.	Les aspects de l'autogestion par IBM [12] .....	6
Fig. 2.	Amélioration de l'architecture avec le standard OneM2M [9].....	7
Fig. 3.	Architecture de FRAMESELF MAPE-K [10] .....	8
Fig. 4.	Architecture de OM2M [16].....	10
Fig. 5.	Tableau comparatif des différentes plateformes M2M [16] .....	10
Fig. 6.	Architecture des connexions d'un réseau Zigbee [16] .....	13
Fig. 7.	Lignes et points caractéristiques étudiés (reconnaissance faciale) [24] .....	14
Fig. 8.	Capteurs sur l'Iphone X permettant la reconnaissance faciale [31] .....	16
Fig. 9.	Modèle 3D d'un visage vu par FaceID [32] .....	16