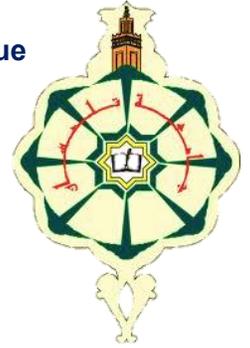


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire

Présenté

A L'UNIVERSITÉ DE TLEMCEM
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE TELECOMMUNICATION

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Réseaux et Systèmes de Télécommunication

Présenté par :

TALEB Omar
MANKOURI Abdelkrim

Sur le thème

**Programmation de la sécurité Internet des Objets,
Etude de cas module WIFI Electric imp**

Soutenu en Mai 2016 devant le Jury:

BOUABDELLAH Réda

Président

BEKADOUR Okkacha

Examineur

BENADDA Belkacem

Encadreur

BELDJILALI Bilal

Co- Encadreur

Dédicaces

À nos très chers parents

Nous vous devons ce que nous sommes aujourd'hui, grâce à votre amour, votre patience et vos innombrables sacrifices.

Que ce modeste travail, soit pour vous une petite compensation et reconnaissance pour tout ce que vous avez fait.

Que Dieu, vous préserve et vous procure santé et longue vie afin que nous puissions à notre tour vous combler.

À nos très chers frères et sœurs

Aucune dédicace ne pourrait exprimer assez profondément ce que nous ressentons envers vous.

Nous vous dirons tout simplement, un grand merci, nous vous aimons.

À nos très chers ami(e)s

En témoignage de l'amitié sincère qui nous lie et les bons moments passés ensemble.

Nous vous dédions ce travail en vous souhaitons un avenir radieux et plein de réussites.

Remerciement

En premier lieu nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir donné la patience, la santé et la volonté pour achever ce travail.

Et Nos remerciements vont tout particulièrement à nos parents, pour leur soutien et leur patience, nous remercions aussi le président de jury Monsieur BOUABDELLAH Réda ainsi que notre examinateur Monsieur BEKADOUR Okkacha qui ont accepté d'examiner et de participer à notre soutenance de mémoire.

Nous aimerons adresser plus qu'un merci pour notre encadreur monsieur BENADDA BELKACEM. Qui a su partager son savoir faire, ses connaissances et son temps pour nous porter aide pendant et hors de ses heures de travail.

L'élaboration de ce travail de longue haleine a été rendue possible également par le soutien de monsieur BELDJILALI BILEL avec ses compétences techniques et qui a été à la fois compréhensible et serviable.

SOMMAIRE :

Table des figures :	1
Intoduction général :	4

Chapitre I :

I. Introduction :	7
II. Classification des objets :	7
III. Types d'objets :	8
IV. TECHNOLOGIE de l'IoT :	9
IV.1 Définition :	9
IV.2 Principes des IoT :	9
V. L'évolution d'Internet et son impact dans le monde :	10
VI. Les applications de l'IoT :	11
VII. Utilité de l'internet des objets :	13
VII .1 Surveillance d'état de santé des animaux :	14
VII.2 Amélioration de la qualité de vie des personnes âgées :	15
VII.3 Contribution au progrès de l'humanité :	15
VIII. Les obstacles qui freinent l'IoT et les solutions envisageables:	15
VIII .1 Le déploiement du protocole IPv6 :	15
VIII .2 L'alimentation des capteurs :	15
VIII .3 Confidentialité des utilisateurs :	16
VIII.4 Les normes déployées et solutions proposées:	17
IX. Conclusion :	17

Chapitre II :

I. Introduction :	19
II. La carte Imp :	19
II.1 Description :	19
II.2 Caractéristiques:	20
II.3 Terminologie Imp :	21
II .4 Affectation des Pins :	22

II.5	Multiplexage des Pins :	23
II. 6	Les caractéristiques électriques :	24
III.	Electrique Imp-Shield :	25
III.1	Description :	25
III.2	Schématique :	27
III.2.1	Fonctions des broches :	28
III.3	Identificateur du Chip :	28
III.3 .1	Présentation :	28
III.3.2	Atmel ATSHA204 :	29
III.3.2.1	Description:	29
III.3.2.2	Applications :	29
IV.	Conclusion :	30

Chapitre III :

I.	Introduction :	32
II.	LE CLOUD :	32
II.1	Définition du Cloud :	32
II.2	Les services du cloud computing :	33
II.3	Les avantages du Cloud Computing :	33
II.3.1	Un usage simplifié :	33
II.3.2	Une réduction des coûts :	33
II.3.3	Une haute disponibilité du service :	34
II.4	Fonctionnement du cloud computing :	34
III.	Les systèmes multi-agent :	34
III.1	Description des systèmes multi-agents :	36
IV.	L'environnement de développement :	36
IV.1	Vue d'ensemble :	37
V.	L'environnement de développement :	38
V.1	A propos de l'IDE :	38
V.2	Vue d'ensemble :	39
V.3	Compilation du code :	40
V.4	Ecriture sur le module et Exécution du code :	41
VI.	Mécanisme de communication :	41

VII. Conclusion:.....	42
-----------------------	----

Chapitre IV :

I. Introduction :.....	44
II. Présentation de l'application réalisée :.....	44
III. Gyroscope - ITG-3200 :.....	45
III.1 Rôle du gyroscope dans notre application :.....	45
III.2 Description:	45
III.3 Caractéristiques:	45
III.4 Le protocole I ² C :.....	49
III.4.1 Présentation du bus périphérique à périphérique :.....	49
III.4.2 Le Bus physique I ² C :	49
III.4.3 Adressage :.....	50
III.4.4 Horloge de synchronisation de la transmission :	51
III.4.5 signalisation :	52
III.4.6 Interprétation du code Device :.....	52
IV. Principe de fonctionnement des détecteurs de mouvement et de présence :	55
IV.1 Domaines d'application et fonctions :.....	56
IV.2 SPÉCIFICATIONS:	57
IV.3 Mode de fonctionnement du PIR avec la carte Imp :.....	57
V. Alimentation de l'application :	58
VI. Interprétation du code Agent :	60
VII. Conclusion :	62

Chapitre V :

I. Introduction :.....	64
II. Sécurité assurée par le Cloud computing :.....	64
III. Fonctionnement IoT Electric IMP :.....	64
III.1 Mode de développement :.....	65
III.2 Mode d'exploitation :	66
IV. Inconvénients d'Electric IMP :	68
Conclusion général :.....	70

TABLE DES FIGURES :

Chapitre 1 :

Figure I.1 : Mode d'opération des IoT.....	7
Figure I. 2 : Application et systèmes connectés.....	8
Figure I.3 : L'Evolution des objets connectés.....	10
Figure I.4 : Economiser et gérer l'éclairage public.....	12
Figure I.5 : Application de l'IOT dans la circulation routière.....	13
Figure I.6 : Divers applications de l'IOT à Barcelone.....	14
Figure I.7 : Les vaches seront équipées de capteurs.....	14

Chapitre II :

Figure II.1 : Electric Imp.....	19
Figure II.2 : Les Pins de la carte Imp.....	22
Figure II.3: Fonctionnalités des Entrées/Sorties.....	23
Figure II.4 : Circuit d'application typique.....	25
Figure II.5 : Carte électrique Imp-Shield.....	26
Figure II.6 : Les Entrées/Sorties de l'Imp-Shield.....	27

Chapitre III :

Figure III.1 : Fonctionnalités du « Cloud computing ».....	32
Figure III.2 : Interaction d'un agent avec son environnement.....	35
Figure III.3 : Structure logique d'un agent.....	36
Figure III.4 : Espace de développement dans la plateforme.....	38
Figure III.5 : Tester si le code est correct ou erroné.....	40

Chapitre IV :

Figure IV.1 : Schéma asymptotique de l'application réalisée.....	44
Figure IV.2 : Un gyroscope ITG 3200.....	46
Figure IV.3 : Circuit électronique du gyroscope.....	47
Figure VI.4 : Emplacement des résistances pull-up.....	48
Figure VI.5 : Convertisseur de tension implémenté au niveau de l'IMP Shield.....	49
Figure VI.6 : Schéma pour relier une résistance pull-up avec une ligne I ² C.....	50
Figure VI.7 : Trame I ² C.....	51
Figure VI.8 : Commande pour régler la vitesse de la communication I ² C.....	51
Figure VI.9 : Décaler l'adresse du gyroscope avoir une valeur de 8 bits.....	52
Figure VI.10 : Les pins équipés du protocole I ² C.....	52
Figure VI.11 : Fonction lireReg.....	52

Figure VI.12 : La fonction « valmask » et « lireGyro »	53
Figure VI.13 : Fonction PuissanceWifi	54
Figure VI.14 : PIR Sensor	55
Figure VI.15 : Circuit du détecteur de mouvement	56
Figure VI.16 : Le détecteur de mouvement interfacé avec la carte Imp	57
Figure VI.17 : Association du pir au pin 1 et configuration du réveil	58
Figure VI.18 : Fonction de détection	58
Figure VI.19 : Schéma récapitulatif de notre application	59
Figure VI.20 : Fonctions exécutées et envoyées à l'agent	60
Figure VI.21 : Envoie des résultats à l'agent	60
Figure VI.22 : Réception des données par l'agent	61
Figure VI.23 : La fonction calcul() et affichage()	61
Figure VI.24 : Résultats de la requête	62

Introduction générale

Internet a évolué de telle manière que nous n'aurions jamais pu l'imaginer. Au tout début, les progrès ont eu lieu lentement. Aujourd'hui, l'innovation se produit à un rythme effréné. La vie moderne est bouleversée par les technologies de l'information et de la communication TIC, particulièrement le réseau internet et les services qu'il propose: réseau sociaux, E-commerce, E-learning, webinar ... pour ne citer que quelques exemples.

Dans ce contexte, il y-a lieu de citer l'avènement des IoT (Internet des objets). Cette nouvelle technologie est basée sur l'association d'équipements embarqués et logiciels intelligents connectés sur internet offrant une multitude d'applications et de services allant du transport et la supervision jusqu'au bien être des individus.

Les IoT sont en pleines croissance bénéficiant de la création du Cloud Computing et de son autonomie.

Dans notre étude on va s'intéresser à cette nouvelle tendance des objets interconnectés utilisés dans le but d'améliorer la vie quotidienne des individus. Pour cela, des mesures doivent être prises en considération pour optimiser son fonctionnement, plus spécialement l'aspect sécurité qui est l'une des préoccupations majeures des utilisateurs d'internet. Dans la technologie IoT, cet aspect est soigneusement traité pour garantir la confidentialité des usagers en proposant une solution de sécurité liés au système hardware avant d'exécuter les instructions software. Une technologie IoT a particulièrement attirée notre attention celle d'Electric Imp qui fait appel à une multitude d'options allant du cryptage au niveau matériel à l'exécution logiciel sur le Cloud avec un transfert des données chiffré.

Dans le chapitre 1, nous allons expliquer en détails la technologie IoT, le principe de son utilisation et surtout l'impact qu'elle va avoir sur notre mode de vie. Pour cela nous exposerons quelques applications existantes et d'autre envisageables pour l'IoT, tout en évoquant les avantages et inconvénients auxquels est confrontée cette nouvelle tendance.

Pour ce qui est du chapitre 2, nous avons abordé le coté hardware de notre module IMP en citant les différentes caractéristiques électriques ainsi que l'alimentation requise pour le fonctionnement du module et sa sensibilité envers les variations de tensions. Nous évoquerons aussi la combinaison IMP-IMP shield pour la lecture du module wifi.

Nous avons consacré le chapitre 3 pour le coté software de l'application, pour cela nous avons présenté la technologie du Cloud Computing qui est utilisée dans ce cas des

Introduction générale

applications IoT et qui offre une solution plus sécurisée avec une puissance de stockage et de calcul importante ce qui permet d'accélérer l'évolution des objets connectés.

Le chapitre 4 sera sous forme d'une étude basée à grande partie sur une nouvelle méthode de communication qui met en jeu un intermédiaire nommé Agent qui va organiser les différentes connexions entre le développeur et l'utilisateur final, de ce fait, cette technique a été mise en place pour renforcer l'aspect de sécurité pour que l'envoi du firmware à la carte se fait qu'à partir de la plateforme de développement, l'application est un exemple typique d'une application IoT qui peut être utilisée dans la vie quotidienne, avec un gyroscope et un détecteur de mouvement qu'on a connecté et programmé grâce à notre code sur la plateforme de l'Electric IMP, où on a pu récupérer des données sur la variation de positionnement une fois un mouvement est détecté.

Le chapitre 5 présente une synthèse dédiée à l'aspect sécurité que nous avons mis en place tout au long de notre travail de conception matériel et de développement logiciel avec la technologie Electric Imp. Nous présentons les aspects liés au cryptage des données et programmes échangés sur Internet et le mode de fonctionnement sécurisé par le biais de la technologie du cloud computing.

I. Introduction :

La technologie de l'Internet des Objets ou Internet of Things (IoT) est l'extension du réseau Internet à des choses/objets et à des lieux dans le monde physique. Les objets deviennent alors connectés et mis en réseau, tel que les montres connectées, bracelets connectés ou encore chaussures connectées...

L'internet des objets est en pleine croissance bénéficiant de la création du Cloud Computing et de son autonomie, de ce fait il peut être appliqué dans divers domaines. Dans la partie suivante, nous allons décrire le mode d'opération des IoT.

II. Classification des objets :

Nous commençons par la figure-I-1 qui explique la mise en service des IoT, qui ne sont ni plus ni moins que des équipements connectés à un réseau de télécommunications.

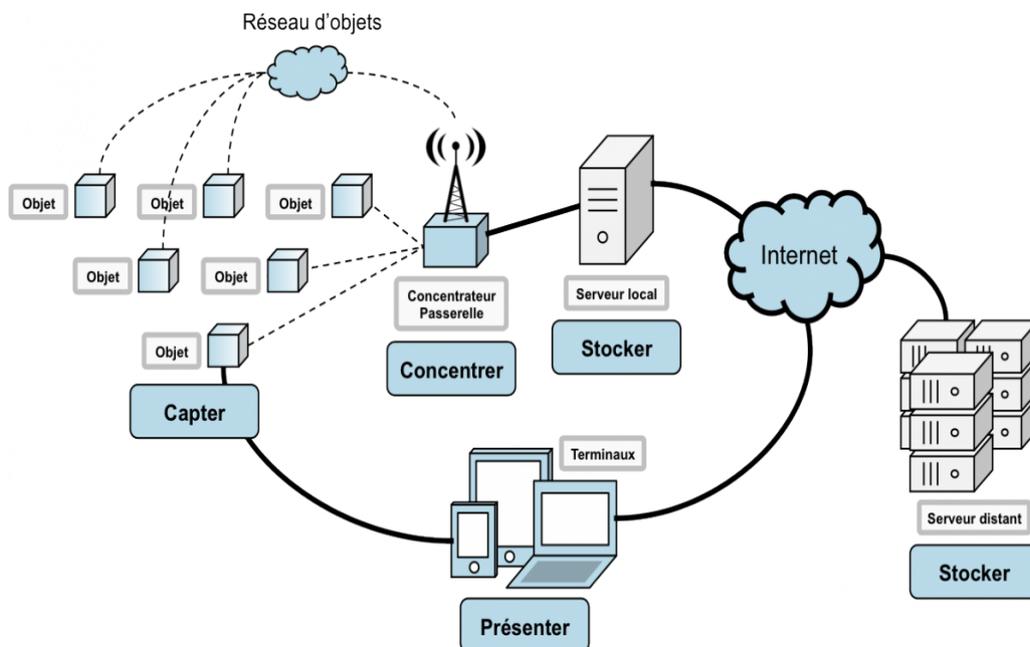


Figure I.1 : Mode d'opération des IoT [14]

III. Types d'objets :

- ✓ **Electroniques** : comme les véhicules connectés en 4G pour optimiser les performances.
- ✓ **Electriques** : Tout ce qui est de la domotique, allumage à distance etc...
- ✓ **Non électriques** : vêtements, animaux ...
- ✓ **capteurs environnementaux.**

Les objets sont des dispositifs matériels connectés à Internet et entre eux. Ils détectent et recueillent plus de données, deviennent sensibles au contexte et fournissent des informations plus concrètes pour aider les personnes et les machines.

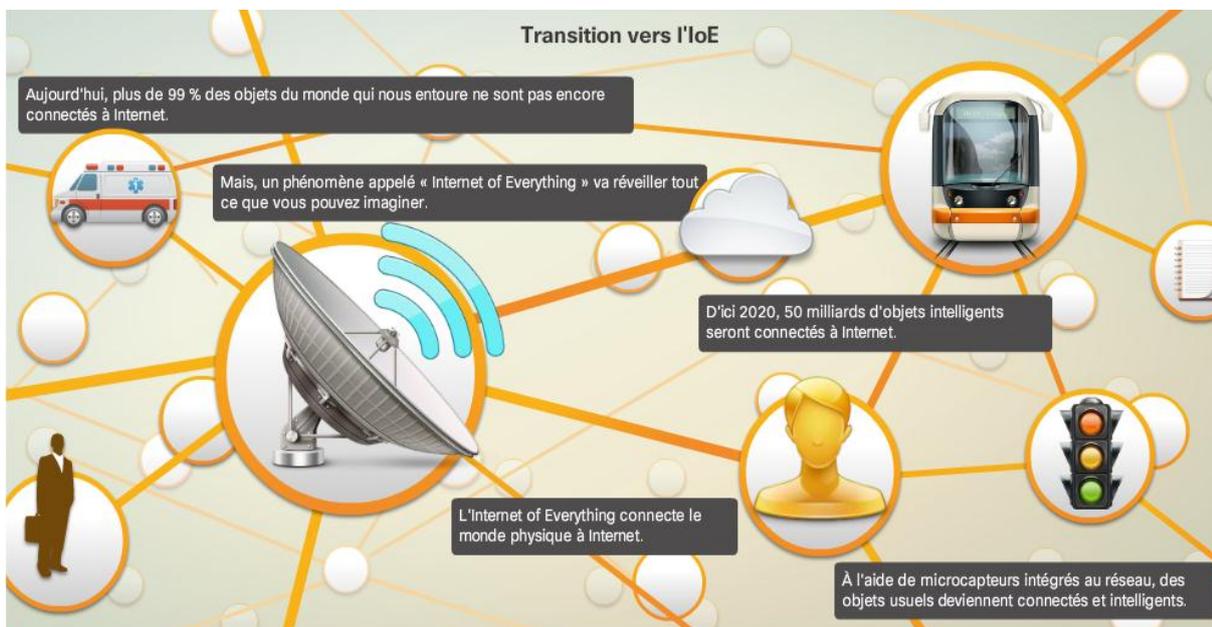


Figure I. 2 : Application et systèmes connectés [1]

IV. TECHNOLOGIE de l'IoT :

IV.1 Définition :

Il n'existe pas de définition standard et unifiée de l'internet des objets, certaines définitions traitent les aspects techniques de l'IoT, alors que d'autres évoquent les usages et les fonctionnalités.

La technologie IoT est considérée comme l'émergence de l'Internet du futur, Certains la définissent comme des « objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés ». [1]

D'autres, insistent sur l'aspect ubiquitaire de l'IoT permettant de connecter les gens et les objets n'importe où, n'importe quand, par n'importe quoi.

Ce nouveau paradigme informatique est basé non plus sur des PC et des périphériques informatiques, mais sur des objets quotidiens intégrant des capteurs en leurs attribuant une intelligence et la capacité de communiquer via le réseau Internet. [14]

IV.2 Principes des IoT :

L'internet des objets est composé de plusieurs éléments complémentaires ayant chacun ses propres spécificités. Il permet à l'aide des systèmes d'identifications électroniques normalisés et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des objets physiques, ainsi que pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter sans discontinuité les données s'y rattachant.

L'IoT est une combinaison d'innovations technologiques récentes et de solutions déjà existantes. Chaque objet est muni d'une identification électronique unique capable de lire et transmettre à travers un protocole dans le réseau internet. Il est nécessaire cependant de définir la nature de l'objet, ses fonctionnalités, sa position dans l'espace, l'historique de ses déplacements, etc. Pour effectuer ce lien entre physique et virtuel, le dispositif technique doit donc modéliser des contextes réels et les rendre virtuel. [18]

V. L'évolution d'Internet et son impact dans le monde :

En 2003, la population mondiale a frôlé les 6 milliards d'individus et un demi-milliard d'appareils connectés à Internet.

L'idée de l'Internet des objets est apparue en 2009, boosté par l'apparition des Smartphones, le nombre d'appareils connectés à Internet a atteint 12,5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6,8 milliards.

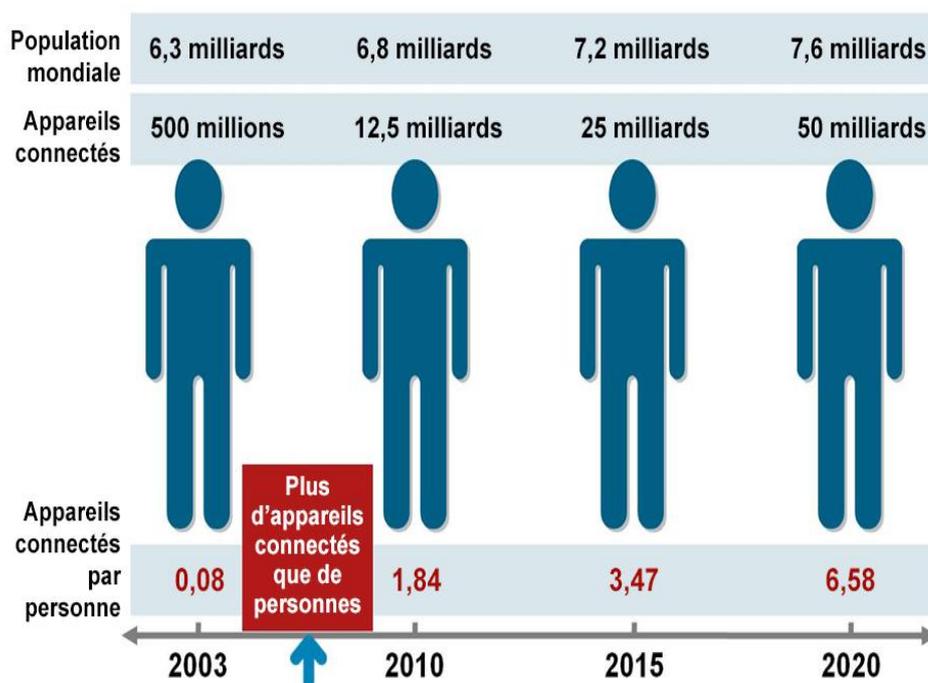


Figure I.3 : L'Evolution des objets connectés [1]

Aujourd'hui l'IoT prend de l'ampleur et en ce qui concerne l'avenir, Les experts estiment que 50 milliards d'appareils seront connectés d'ici 2020, ces estimations ne prennent pas en considération l'évolution rapide d'Internet ni des avancées technologiques, mais uniquement les faits de l'heure actuelle.

Le nombre de capteurs connectés à Internet pourrait augmenter de plusieurs millions, voire de plusieurs milliards du fait que tout ce qui existe se connecte (Animaux, lampes, maisons, personnes, chaussures, arbres,...).

VI. Les applications de l'IoT :

L'IoT est utilisé dans des dispositifs de sécurité, des systèmes de communication, des bâtiments commerciaux et résidentiels qui sont équipés de différents systèmes de contrôle dédiés aux dispositifs de chauffage, d'aération, de sécurité ou encore d'éclairage [3]

Nous allons énumérer quelques types d'applications à titre d'exemples :

1/ Le réveil qui va sonner plus tôt que prévu car la circulation est dense. Après récupération des données sur Google Maps, le réveil est alors capable d'analyser toutes les informations concernant le trajet quotidien de l'utilisateur.

2/ Les plantes informent le système d'arrosage quand il doit se mettre en marche car leurs taux d'humidité est trop bas : les capteurs font une analyse des différents facteurs environnementaux (température, humidité...)

3/ Les chaussures de sport fournissent le temps, la distance et la performance de celui qui les portent, une comparaison peut alors s'effectuer entre athlètes indépendamment de leurs localisations. Les capteurs enregistrent des données pour les communiquer aux utilisateurs.

Très récemment, les chaussures de sport équipées de puces embarquées indiquent l'implication d'un athlète et ses performances.

4/ Suivi et soins médicaux (Health care)

pour faire face au surpoids, détection d'anomalies dans le corps (fièvre, hypertension, battement cardiaque trop lent ou trop élevé..) en se servant de capteurs adaptés afin d'envoyer une alerte à un professionnel de la santé lorsqu'un certain seuil est dépassé. Nous pourrions même savoir si la personne qui le porte est tombée et ne parvient pas à se relever. [6]

5/ Administration :

-Le suivi de l'état d'un équipement pour allonger sa durée de vie tel un matériel complexe comme un réacteur d'avion équipé de plusieurs capteurs qui envoient en temps réel d'importants flux de données dont le volume peut atteindre plusieurs To par jour.

6/ **Economiser et gérer l'éclairage public**, en allumant moins de lampes ou en diminuant de leurs degrés de luminosité quand personne ne traverse la route et cela, en se servant de détecteurs de mouvements.



Figure I. 4 : Economiser et gérer l'éclairage public [18]

7/ **Equiper les voitures** d'un système de détection d'obstacles , d'auto stationnement, des mises a jours de météo, trafic routier ou encore de recherche d'endroit de stationnement, cela économise de l'énergie (carburant) et élimine les embouteillages .

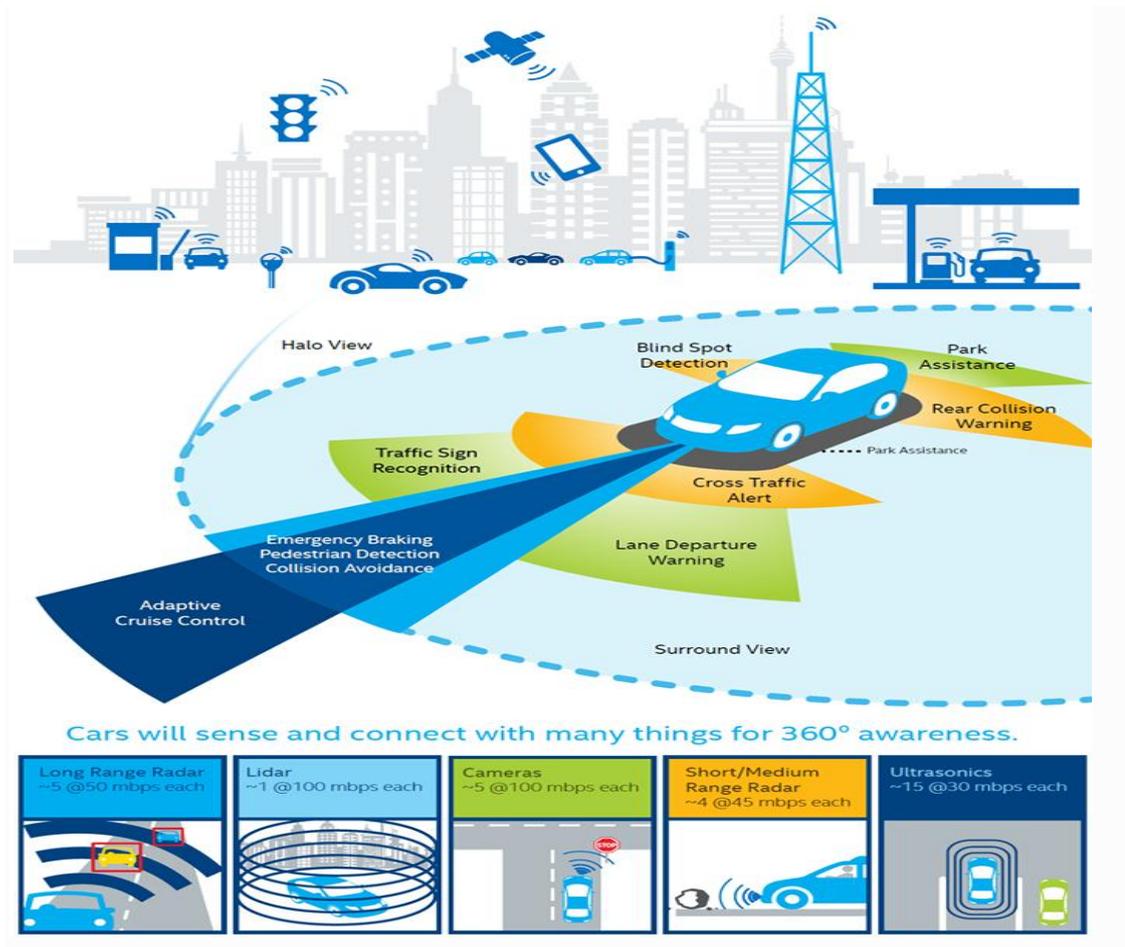


Figure I.5 : Application de l'IOT dans la circulation routière [19]

VII. Utilité de l'internet des objets :

L'internet des objets devra faire partie de notre quotidien proche et sera appliqué dans divers domaines. Il présente de nombreux points positifs à titre d'exemple, le renforcement de la sécurité des voitures autonomes et la gestion des ressources...

Le nombre d'objets connectés à Internet a dépassé celui des personnes, cela a offert une infinité d'opportunités en matière de création d'applications dans les domaines de l'automatisation, de la détection et de la communication. La photo ci-dessous montre comment l'IoT peut nous faciliter la vie et permettra la création de nouveaux emplois dans le secteur du Télécom.



Figure I.6 : Divers applications de l'IOT à Barcelone [19]

VII .1 Surveillance d'état de santé des animaux :

L'IoT fera en sorte que même les animaux seront connectés. Ce dispositif permet aux éleveurs de surveiller l'état de santé des animaux et de suivre leurs déplacements afin d'améliorer la quantité et la qualité de leurs produits. En moyenne, un animal génère environ 200 mégaoctets d'informations par an.



Figure I.7 : Les vaches seront équipées de capteurs [18]

VII.2 Amélioration de la qualité de vie des personnes âgées :

L'IoT devra améliorer la qualité de vie des personnes âgées, qui sont de plus en plus nombreuses (environ 1 milliard d'individus auront plus de 65 ans d'ici le milieu du siècle).

On peut avoir sur soi-même un petit appareil qui détecterait les signes vitaux et enverrait une alerte à un professionnel de la santé lorsqu'un certain seuil est atteint ou encore, si la personne qui le porte est tombée et ne parvient pas à se relever.

VII.3 Contribution au progrès de l'humanité :

Grace à l'évolution actuelle de l'Internet des objets (IoT), l'humanité dispose des connaissances et du savoir dont elle a besoin non seulement pour survivre, mais aussi pour prospérer et mener une vie saine, épanouissante et confortable

VIII. Les obstacles qui freinent l'IoT et les solutions envisageables:

La progression de l'IoT se voit limitée par plusieurs obstacles, notamment la pénurie d'adresses IPv4, la difficulté d'alimenter les capteurs, la confidentialité des utilisateurs et la définition de normes. [2]

VIII .1 Le déploiement du protocole IPv6 :

L'ipv4 peut attribuer un nombre maximal de 2^{32} adresses ,ce nombre étant atteint en 2010, même si cela n'a pas eu d'incidence sur le grand public mais l'accroissement du taux des capteur qui dépassera les milliards probablement, sachant que chaque capteur devra avoir sa propre adresse IP a fait en sorte que l'évolution de l'IoT pourrait s'en trouver ralenti.

Avec l'apparition de l'Pv6, la gestion des réseaux est devenue plus facile grâce a des configurations automatiques et les systèmes de sécurité améliorée.

VIII .2 L'alimentation des capteurs :

Pour que l'IoT puisse démonter tout son potentiel, les capteurs devront être autosuffisants.

Sinon, on devait changer les batteries de milliards d'appareils déployés aux quatre coins de la planète et même dans l'espace, cela serait évidemment impossible, nous devons donc trouver un moyen pour générer de l'électricité en puisant dans l'environnement, par exemple en utilisant les vibrations, la lumière et les courants d'air. D'ailleurs, des scientifiques ont

annoncé la création d'un nano générateur, il s'agit d'une puce flexible capable de générer de l'électricité à partir de mouvements corporels tels qu'un pincement de doigt. [13]

VIII.3 Confidentialité des utilisateurs :

Le piratage informatique sera un problème majeur, L'IoT devrait croître de plus de 12 milliards d'appareils en 2016 et 50 billions en 2020. Chaque appareil est un point d'accès potentiel pour une attaque du réseau par les pirates. Dans une enquête faite par l'organisation Forester, partout dans le monde, 47 % des organisations industrielles qui utilisent ou envisagent d'utiliser l'IoT avait précédemment connu des violations de la sécurité dans leurs applications industrielles. [18]

Pour ce qui est de la confidentialité, en robotique par exemple et ses diverses utilities mettent à nu la vie privée de l'individu et ses pensées les plus profondes, ce qui peut être considéré comme une violation de la vie privée des personnes.

VIII.4 Les normes déployées et solutions proposées:

Des progrès appréciables ont déjà été accomplis dans le domaine des normes, notamment dans l'aspect de la sécurité et de la confidentialité.

De nombreux organismes contribuent au développement de la technologie IPv6 afin de garantir son acheminement sur différents types de réseaux.

Enfin, les obstacles et les défis ne sont pas insurmontables. Vu les bénéfices que promet l'IoT, nous trouverons les moyens de résoudre ces problèmes, ce n'est qu'une question de temps.

Actuellement l'IoT est dans une étape qui consiste à relier divers réseaux et à les faire fonctionner ensemble en respectant des normes. À cette fin, les entreprises, les administrations publiques, les organismes de normalisation et les universitaires devront conjuguer leurs efforts pour atteindre l'objectif commun.

Ensuite, pour que le grand public adopte l'IoT, les prestataires de services devront proposer des applications capables d'améliorer sensiblement la vie des gens et ne doivent pas être restreintes qu'au secteur des technologies.

Généralité sur l'internet des objets

De très nombreux équipements ou produits intégreront alors ces technologies tels que les matériels médicaux, les systèmes robotiques, l'agriculture, l'automobile, les transports, la distribution d'eau, de gaz ou d'électricité, c'est ainsi que l'IoT poursuivra sa progression. [13]

IX. Conclusion :

Il est évident que les applications des IoT deviennent de plus en plus prépondérantes. Nous avons fixé l'objectif de développer des applications sécurisées dans cette technologie, nous allons commencer par une étude des IoT à base des modules Electric Imp, que nous présenterons dans le prochain chapitre.

Table des matières

I.	Introduction :	7
II.	Classification des objets :	7
III.	Types d'objets :	8
IV.	TECHNOLOGIE de l'IoT :	9
IV.1	Définition :	9
IV.2	Principes des IoT :	9
V.	L'évolution d'Internet et son impact dans le monde :	10
VI.	Les applications de l'IoT :	11
VII.	Utilité de l'internet des objets :	13
VII.1	Surveillance d'état de santé des animaux :	14
VII.2	Amélioration de la qualité de vie des personnes âgées :	15
VII.3	Contribution au progrès de l'humanité :	15
VIII.	Les obstacles qui freinent l'IoT et les solutions envisageables:	15
VIII.1	Le déploiement du protocole IPv6 :	15
VIII.2	L'alimentation des capteurs :	15
VIII.3	Confidentialité des utilisateurs :	16
VIII.4	Les normes déployées et solutions proposées:	16
IX.	Conclusion :	17
Figure I.1 :	Mode d'opération des IoT.....	7
Figure I. 2 :	Application et systèmes connectés	8
Figure I.3 :	L'Evolution des objets connectés	10
Figure I. 4 :	Economiser et gérer l'éclairage public	12
Figure I.5 :	Application de l'IOT dans la circulation routière	13
Figure I.6 :	Divers applications de l'IOT à Barcelone	14
Figure I.7 :	Les vaches seront équipées de capteurs	14

(s.d.). Récupéré sur www.futura-science.com

(s.d.). Récupéré sur Guido Noto La Diega, « L'Internet des Objets. Effleurant la surface » ; février 2015

(s.d.). Récupéré sur www.netacad.com

(s.d.). Récupéré sur Pascal STEPHANY, du blog « Domotique Info », 2013

(s.d.). Récupéré sur Internet des objets ; 2015 ; en partenariat avec MICROSOFT, SEMTECH et ACTILITY

I. Introduction :

Il est souvent fait référence aux IoT comme un paradigme informatique, c'est une nouvelle façon d'interagir avec les objets qui peuvent changer notre vie de manière radicale. Techniquement, il s'agit d'équipements matériels dotés de capteurs et d'émetteurs-récepteurs opérants avec une multitude de protocoles de télécommunications. Dans ce chapitre, nous allons présenter les composants essentiels que nous avons utilisés dans notre expérience avec les Iot qui sont « Electric-Imp » et « Imp-Shield », leurs caractéristiques vont être détaillées par la suite.

II. La carte Imp :

II.1 Description :

Electric Imp est une solution simple et révolutionnaire utilisée pour connecter des périphériques à internet en utilisant le sans fil. Les avantages d'un tel produit connecté permettent, en collaboration avec le serveur Imp, de faire dialoguer n'importe quel objet avec internet en utilisant une carte intégrant une puce wifi. L'un des grands avantages d'avoir le Wifi à l'intérieur d'une carte amovible, est de faire en sorte que toutes les interactions sans fil se produisent au niveau de la carte. [15]



Figure II. 1 : Electric Imp

L'Imp fournit de manière intégrée et facile une connexion des périphériques matériels à d'autres appareils ainsi qu'aux services Internet. Il est plus qu'une simple carte Wifi, c'est une plateforme de développement Impressionnante présentée sous forme d'une carte SD permettant de traiter et gérer la connectivité et de se focaliser sur l'application à la place de l'aspect électronique.

La carte Electric Imp et Imp shiled

L'Imp ressemble à une carte SD ordinaire, mais offre beaucoup plus de fonctionnalités, c'est un microprocesseur compatible avec Wifi et programmable via l'air, Il prend en charge plusieurs GPIO (General Purpose Input Output), UART, I²C et les interfaces SPI, possédant en plus des convertisseurs numériques-analogiques et analogiques-numériques. Pour résumer, il est ce qu'on obtient en fusionnant un microprocesseur ARM et un module Wifi avec plusieurs interfaces entrées/sorties, le tout dans une carte SD de taille minuscule.

L'Imp intègre un module WIFI émetteur-récepteur 802.11b /g/n, une antenne Imprimée, un processeur Cortex-M3 et beaucoup d'Entrées/Sorties flexibles dans un boîtier miniature. Le côté matériel n'est qu'une petite partie de ce qui fait de l'Electric-Imp une plateforme innovante, l'environnement de développement et le flux de travail est totalement basé sur le Cloud et accessible via un navigateur web, Le software de cette extension comprend une Pile de protocoles TCP/IP compatible avec le TLS (**Transport Layer Security**) permettant d'assurer des connexions faciles et sécurisées, en plus chaque carte Imp dispose d'une adresse MAC unique.

Pour utiliser la carte Imp, il suffit de la programmer avec les informations du réseau Wifi en utilisant un Smartphone sous IOS ou Android (optiquement, Aucun matériel spécial requis), puis ouvrir une session sur le site Electric-Imp et programmer le module via l'air.

Ce processus est appelé le « Blinkup », il assure une configuration aisée du Wifi et prend en charge WEP, WPA, WPA2 et WPS. Quant aux services fournis par cette solution il sera possible d'être notifié par Mail ou SMS dans un premier temps. [17]

Le développement se fait dans un navigateur, plus exactement dans la plateforme d'Electric Imp avec le langage "Squirrel", qui est un langage similaire au C/C++ doté d'extensions pour communiquer avec les interfaces matérielles et le serveur.

II.2 Caractéristiques:

- ✓ Petites dimensions: 32 x 24 x 2,1 mm
- ✓ Cryptage WEP, WPA et WPA2
- ✓ microprocesseur Cortex-M3 donne d'excellentes performances avec une faible consommation d'énergie

La carte Electric Imp et Imp shiled

- ✓ 6 Entrées / Sorties : UART, I²C, SPI, analogique entrés/sortis, PWM, GPIO ... toutes sélectionnables
- ✓ Le développement du code est basé sur un IDE accessible par le biais du navigateur.
- ✓ Le Firmware qui fonctionne sur l'Imp est écrit en Squirrel.
- ✓ Les données transitent entre la carte Imp et son serveur sur une interface TLS cryptée. [15]

II.3 Terminologie Imp :

Terme	Description
API	L'interface de programmation et d'application à travers laquelle les scripts Imp peuvent accéder à des fonctions matérielles et au Cloud.
BlinkUp	Ce processus est utilisé pour connecter la carte Imp au réseau Wifi en utilisant un Smartphone (téléphone ou tablette).
Mise en service	Initialisation d'une carte Imp en l'associant à un compte utilisateur avec les informations d'identification du Wifi, généralement via le BlinkUp.
Affectation	Le processus dans lequel une carte Imp est associée avec le matériel hôte.
Serveur	Le service Cloud d'Imp électrique avec lequel communiquent les cartes Imp
Firmware	Code exécuté dans une machine virtuelle définie par l'utilisateur. le dispositif Firmware fonctionne sur le matériel électrique Imp. L'agent Firmware fonctionne dans le Cloud d'électrique Imp.
Agent	Une entité virtuelle au sein du Cloud d'électrique Imp, chaque dispositif d'Imp électrique est associé à un seul agent.
IDE	Environnement de développement intégré, utilisé pour développer et maintenir la carte Imp en tout lieu et à tout moment.

Tableau II.1 : caractéristiques électriques

II.4 Affectation des Pins :

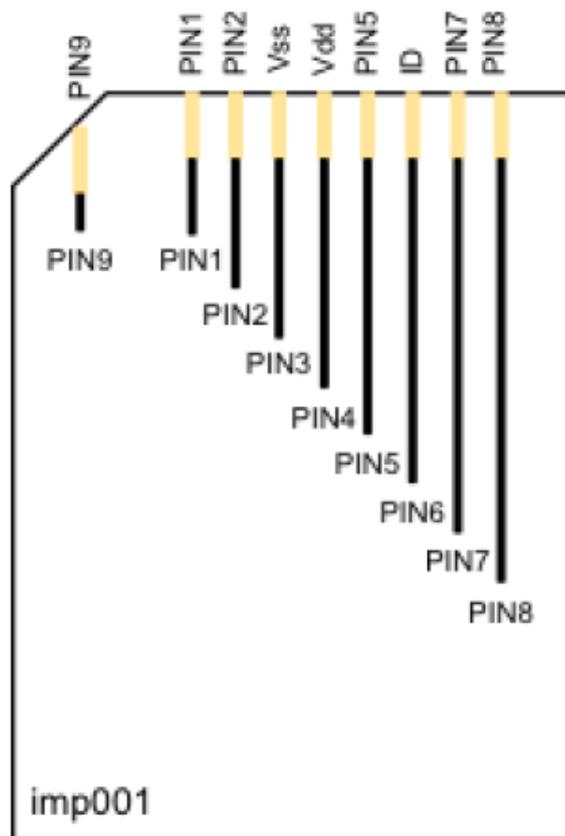


Figure II. 2 Les Pins de la carte Imp

Numéro du pin	Nom du pin	Description
3	Vss	GND
4	VDD	Alimentation
1, 2, 5, 7, 8 et 9	PIN 1, 2, 5, 7, 8 et 9	Décrites par la figure III.3

Tableau II.2 : Description des Pins

II.5 Multiplexage des Pins :

En plus d'agir en tant que GPIO, chaque broche de l'IMP001 peut être configurée pour d'autres fonctions spécifiques. Alors que les pins ne peuvent avoir plus d'une fonction à la fois, ils peuvent être reconfigurés au cours de l'exécution pour changer de fonction au besoin, par exemple une broche peut être configurée comme un DAC (Convertisseur analogique numérique) puis reconfiguré en tant que ADC (Convertisseur analogique numérique). Néanmoins, tous les pins ne doivent pas être affectés à cette fonction. Par exemple, les pins 8 et 9 pourraient être utilisés comme UART et les pins 1 et 2 peuvent être utilisés pour le protocole I²C. [15]

L'IMP001 peut être réveillée du mode veille (économie d'énergie) avec un front montant sur le PIN1.

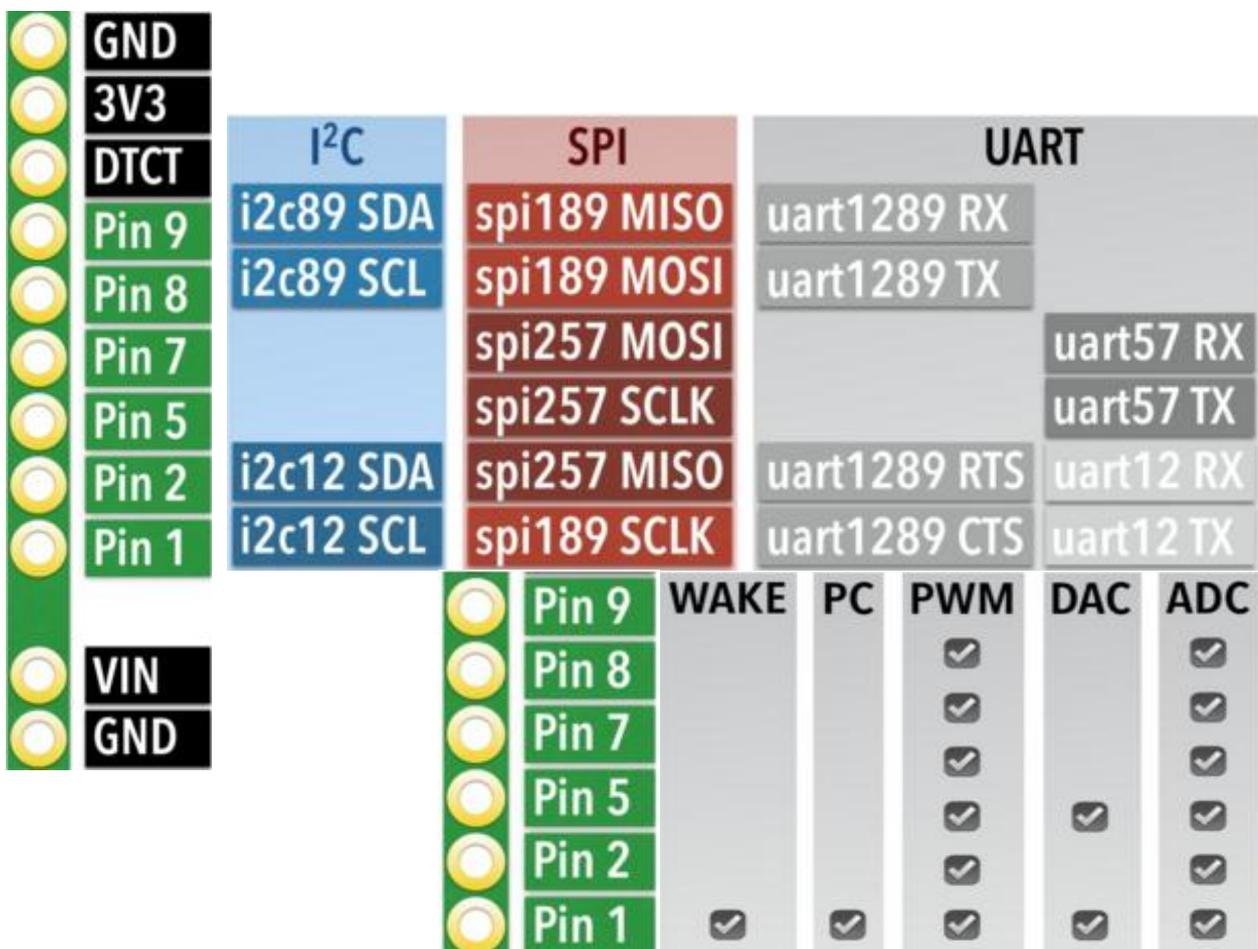


Figure II 3: Fonctionnalités des Entrées/Sorties

II. 6 Les caractéristiques électriques :

Paramètres	Conditions	Min	Types	Maximum	Unité
Operating température		-20	3.3	55	°C
Vdd	Tension de fonctionnement	1.8V		3.5 V	V
I dd	Wifi On → Fonctionnement normal		80	400	m.A
	Le Wifi est Off → -Processeur en veille -Nvram préservée.	6			u.A
Vih	E / S tension d'entrée du haut niveau	0.77 VDD	6	3.6	V
Vil	E / S entrée tension du niveau bas	Vss-0.3		4	V
Iout	Courant maximal dans les pins d'Entrées/Sorties	-4		4	m.A
I/O input courant de fuite	$VSS \leq VIN \leq VDD$			4	u.A
Load capacitance	Pin 1 à 9		20		Pf

Tableau II.3: Caractéristiques électriques des Pins

1/- L'Imp requiert un minimum de 2.5V pour un fonctionnement optimal, mais peut quand même fonctionner avec une tension de 1.8V. La broche POWER ON permet à un convertisseur élévateur externe de fournir 2.5V lors de l'utilisation du Wifi. (7)

2/-La carte est alimentée par un courant de 400mA.

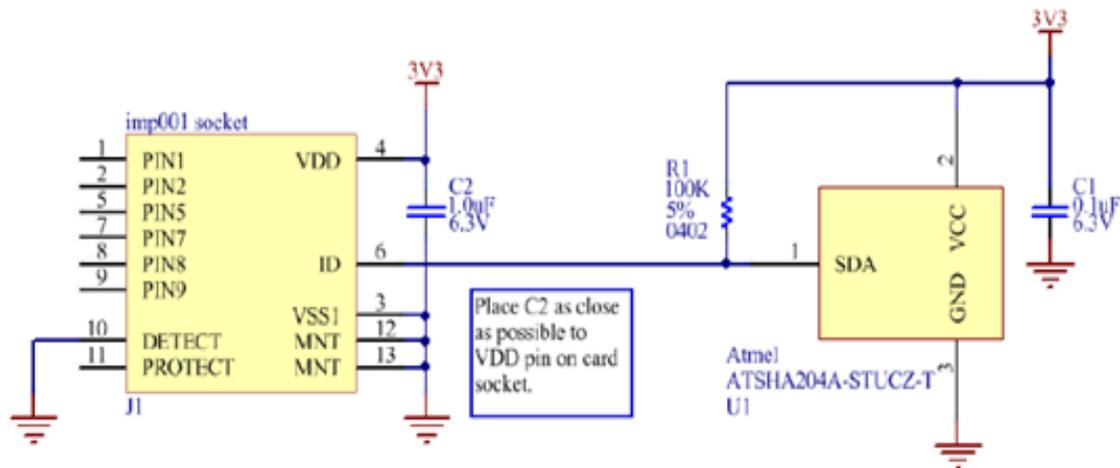


Figure II. 4 : Circuit d'application typique

III. Electrique Imp-Shield :

III.1 Description :

Pour utiliser le module Electric Imp, deux circuits matériels sont nécessaires: la carte Imp et l'Imp-shield, ce dernier permet d'assurer le fonctionnement du module à l'image d'une carte SD standard.

En effet, l'Imp est tout simplement glissée dans le Shield, ce dernier va fournir de l'énergie et assurer une stabilité de tension avec un régulateur de tension step-down, il offre aussi des sorties pour l'accès aux pins E/S de l'Imp.

L'Imp Shield dispose d'un régulateur abaisseur de 3,3V « TPS62172 » (plus des inducteurs / condensateurs qui le soutiennent), ce régulateur permet de recevoir une tension d'entrée entre 3,3V et 17V et peut prendre en charge jusqu'à 500mA en courant continu.

L'Imp-Shield permet de connecter un projet à Internet via un réseau Wifi domestique. De cette façon, l'appareil peut profiter du service Imp Cloud qui est d'ailleurs le seul point de

La carte Electric Imp et Imp shield

terminaison du réseau avec qui la carte Imp peut se connecter, ce qui garantit aux utilisateurs d'exécuter dans un environnement sécurisé des agents permettant de fournir l'API HTTP I/O.



FigureII 5 : Carte électrique Imp-Shield [17]

III.2.1 Fonctions des broches :

GND - pin commun pour la tension d'entrée

VIN - alimentation en tension d'entrée introduite dans le régulateur

PIN1 - Imp pin1 (UART 1289 CTS, UART12 TX, I²C12 SCL, SPI189 SCLK, DAC, ADC, PWM)

PIN2 - Imp pin2 (UART 1289 RTS, UART 12 RX, I²C12 SDA, SPI257 MISO, ADC, PWM)

PIN5 - pin Imp 5 (UART57 TX, SPI257 SCLK, DAC, ADC, PWM)

PIN7 - pin Imp 7 (UART57 RX, SPI257 MOSI, ADC, PWM)

PIN8 - pin Imp 8 (UART 1289 TX, I²C89 SCL, SPI189 MOSI, ADC, PWM)

PIN9 - pin Imp 9 (UART 1289 RX, I²C89 SDA, SPI189 MISO, ADC, PWM)

CD – Détecte la carte Imp, ce signal se connecte à GND chaque fois qu'une carte est insérée dans la prise.

3V3- 3.3V en sortie du régulateur

GND - Masse commune

III.3 Identificateur du Chip :

III.3.1 Présentation :

Un autre composant est requis avec la carte Imp, c'est une puce d'identification qui fournit à chaque carte un code d'identification unique, cela signifie que chaque Imp dispose d'une puce d'authentification Atmel ATSHA204. La carte est interfacée automatiquement avec cette puce chaque fois qu'elle est mise sous tension et peut donc identifier les Imp branchées, ce qui rend le programme que l'Imp exécute dépendant du matériel avec lequel il est branché. [17]

III.3.2 Atmel ATSHA204 :

III.3.2.1 Description:

Le Atmel ATSHA204 est une puce d'authentification optimisée, utilisée pour le stockage des diverses clés de lecture / écriture, de mot de passe et le suivi de la consommation. L'accès aux différentes sections de la mémoire peut être restreint de diverses manières, c'est ainsi que la configuration est verrouillée pour empêcher toute modification.

Chaque ATSHA204 a un numéro de série unique de 72 bits. En utilisant les protocoles cryptographiques pris en charge par la puce, un système hôte ou un serveur distant peut vérifier que le numéro de série est à la fois authentique et non une copie. L'ATSHA204 peut générer des nombres aléatoires de haute qualité et les employer à diverses fins, y compris l'utilisation dans le cadre des protocoles cryptographiques de cette puce. [15]

III.3.2.2 Applications :

La puce dispose d'un ensemble de commandes flexibles utilisées pour de nombreuses applications, notamment les suivantes:

- ✓ Anti-contrefaçon :

Valider qu'un client est authentique par exemple.

- ✓ Protection du Firmware ou fichiers Media :

Valider le code stocké dans la mémoire flash pour éviter des modifications non autorisées et crypter des fichiers multimédia téléchargés pour être utilisés sur un système unique.

- ✓ Session Key Exchange :

Faciliter et sécuriser l'échange des clés de chiffrement pour le cryptage / décryptage dans le système microprocesseur afin de gérer un canal de communication confidentiel ou un téléchargement crypté.

La carte Electric Imp et Imp shiled

- ✓ Sécuriser le stockage de données :

Stocker les clés secrètes pour être utilisées par des microprocesseurs standards, il peut être également utilisé pour stocker des petites quantités de données nécessaires pour la configuration.

- ✓ Vérification du Mot de passe utilisateur :

Valider les mots de passe entrés par l'utilisateur sans laisser la valeur attendue et devenir connue, cela permet un échange en toute sécurité des mots de passes avec le système distant.

IV. Conclusion :

L'Electric Imp est un composant avec des fonctionnalités multiples pouvant être appliquées dans divers domaines et offrant un système de sécurité jusque-là infaillible.

Pour le prochain chapitre nous aborderons en détails d'autres notions qui font aussi partie de l'internet des objets en générale et de l'Electric Imp de manière spéciale tel que le service du « Cloud », le langage de programmation « squirrel » et enfin l'environnement de développement « l'IDE » que nous utilisons.

Table des matières

I.	Introduction :	19
II.	La carte Imp :	19
II.1	Description :	19
II.2	Caractéristiques:	20
II.3	Terminologie Imp :	21
II.4	Affectation des Pins :	22
II.5	Multiplexage des Pins :	23
II.6	Les caractéristiques électriques :	24
III.	Electrique Imp-Shield :	25
III.1	Description :	25
III.2	Schématique :	27
III.2.1	Fonctions des broches :	28
III.3	Identificateur du Chip :	28
III.3.1	Présentation :	28
III.3.2	Atmel ATSHA204 :	29
III.3.2.1	Description:	29
III.3.2.2	Applications :	29
IV.	Conclusion :	30

La carte Electric Imp et Imp shield

Figure II. 1 : Electric Imp	19
Figure II. 2 Les Pins de la carte Imp	22
Figure II 3: Fonctionnalités des Entrées/Sorties	23
Figure II. 4 : Circuit d'application typique	25
FigureII 5 : Carte électrique Imp-Shield	26
FigureII. 6 : Les Entrées/Sorties de l'Imp-Shield	27

(s.d.). Récupéré sur www.electricimp.com

(s.d.). Récupéré sur www.sparkfun.com

I. Introduction :

Les objectifs que nous nous sommes fixés dans cette partie consistaient à programmer le module IoT Electric Imp et pouvoir établir une forme de communication entre ce dernier et d'autres composants. En effet, ces modules sont programmés en ligne avec un langage et une technologie propre, ce type de module exploite un comportement des systèmes multi agents associés avec la technologie du Cloud computing.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents modules et logiciels misent en œuvre dans notre application, notamment le langage de programmation " squirrel ", ainsi que les différentes fonctionnalités qu'offre la carte Imp.

II. LE CLOUD :

La technologie du cloud computing qui est sans doute l'un des points forts d'Electric Imp a été intégré dans le module IoT utilisé.

II.1 Définition du Cloud :

La technologie du « Cloud computing » est une fondation où la puissance de calcul, de mémorisation et d'exécution est gérée par des serveurs distants permettant aux utilisateurs de se connecter via internet en toute sécurité, le Cloud se caractérise par une souplesse qui permet aux utilisateurs d'adapter la capacité de mémorisation et de calcul à leurs besoins, d'autre part les objets connectés deviennent des point d'accès pour exécuter des applications hébergées aux serveurs distants.

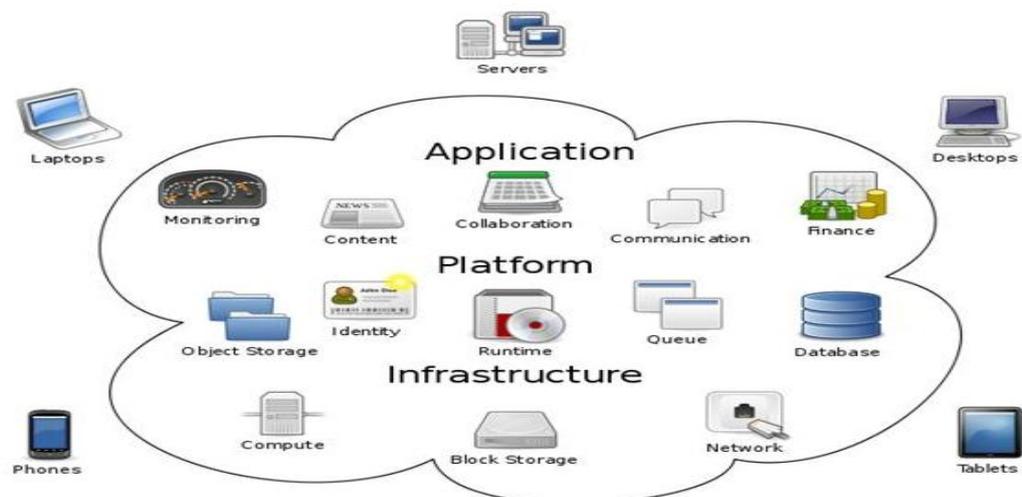


Figure III.1 : Fonctionnalités du Cloud computing [8]

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

Le cloud computing se concrétise pour le grand public par les services de mémorisation et de partage de données numériques tel que le Microsoft One-Drive, Apple i-Cloud ou Google drive, où les utilisateurs peuvent déposer des contenus personnels et y accéder depuis n'importe quel point du globe à partir d'un simple terminal connecté.

II.2 Les services du cloud computing :

Il existe plusieurs types de services :

- l'installation du système d'exploitation se fait par l'utilisateur au niveau du serveur où il est connecté, il fonctionne d'une manière simple tout comme un Pc classique.
- la gérance du service Cloud est assurée par le fournisseur.
- le client peut réaliser différentes tâches selon ses besoins.
- les services mis à disposition du client sont généralement sous forme de logiciel dédié ou de navigateur internet.

II.3 Les avantages du Cloud Computing :

II.3.1 Un usage simplifié :

Le Cloud permet au client d'utiliser les outils informatiques traditionnels comme l'installation des mises à jour de logiciel et le stockage de l'espace, avec sa puissance de calcul, il permet d'accéder rapidement via des portails web simples sans utiliser ou investir dans des équipements matériels.

II.3.2 Une réduction des coûts :

Le Cloud est une infrastructure qui offre la possibilité de lancer un projet ou une activité professionnelle sans avoir à investir dans une infrastructure très coûteuse, pareil pour les entreprises qui disposent déjà de leurs propres infrastructures mais qui ont des besoins IT additionnels pour gérer des pics d'activités.

II.3.3 Une haute disponibilité du service :

Vu que la majorité des entreprises emploient des salariés mobiles, le Cloud permet aux collaborateurs d'accéder à toutes leurs applications et données sans interruption, et cela peu importe où ils se trouvent.

II.4 Fonctionnement du cloud computing :

Comme nous l'avons noté précédemment l'utilisation du cloud est très simple, il suffit d'avoir un navigateur et de se connecter pour commencer le travail ou le projet.

Pour des projets commerciaux à distance, les données sont récupérables depuis un terminal mobile et tout cela sans acheter ou installer des logiciels ni les mettre à jours, toutes ces tâches sont effectuées par le fournisseur du service Cloud.

Dans le cloud nous pourrions créer et exécuter toute sorte d'application, à titre d'exemple : Google application of business et Skype [7]

III. Les systèmes multi-agent :

Le terme agent est rencontré dans plusieurs techniques : Intelligence artificielle, base de données, systèmes d'exploitation et réseaux de télécommunications, avec d'innombrables définitions. Néanmoins, toutes les définitions tombent en commun accord qu'un agent est essentiellement un système informatique spécifique possédant : une autonomie, un comportement proactif et un mécanisme de communications.

- L'autonomie : permet à un agent de résoudre, tantôt avec des exécutions à long termes, des tâches complexes, sans l'intervention de l'homme et possède le contrôle de ces actions et états internes.
- Comportement proactive : permet à un agent de prendre des initiatives et décisions pour effectuer une tâche sans stimuli explicite d'un utilisateur et de répondre par conséquent à des instants opportuns aux modifications de l'environnement.
- Mécanisme de communications : permet à un agent d'interagir avec d'autres entités pour une demande d'assistance ou émission d'informations dans le cadre d'objectifs globaux.

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

Un tel système informatique indépendant se trouve dans un environnement, à l'image d'un cloud, et est capable d'actions indépendantes sur ce même milieu. La figure suivante illustre qu'un agent possède la possibilité d'agir directement sur son environnement. Un agent est social car il a la possibilité de coopérer avec d'autres agents ou éventuellement des humains. Dans ce projet l'agent coopère avec le firmware du module Electric Imp dit Device, comme il peut interagir avec d'autres agents. [4]

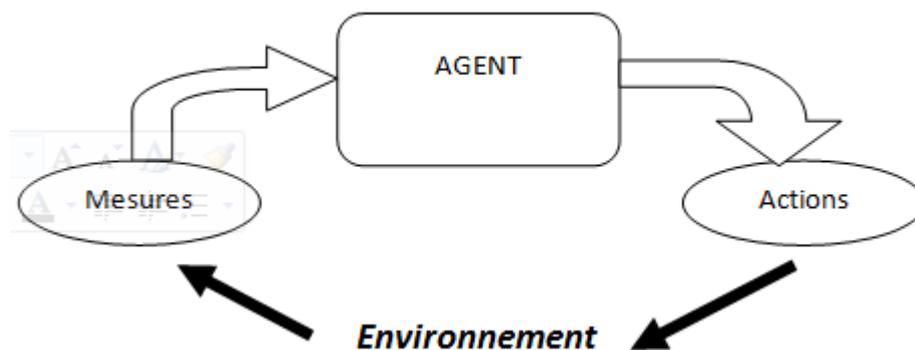


Figure III.2 : Interaction d'un agent avec son environnement

Normalement un agent possède un répertoire d'actions à exécuter pour agir sur l'environnement. Il faut noter, que l'utilisation d'une action dépend des observations effectuées par l'agent ou le Device. Des conditions d'exécutions sont associées avec chaque action. Le problème majeur pour la conception d'un agent concerne l'implémentation d'une attitude qui permet la sélection d'une action dans le but de satisfaire les objectifs et agir sur l'environnement.

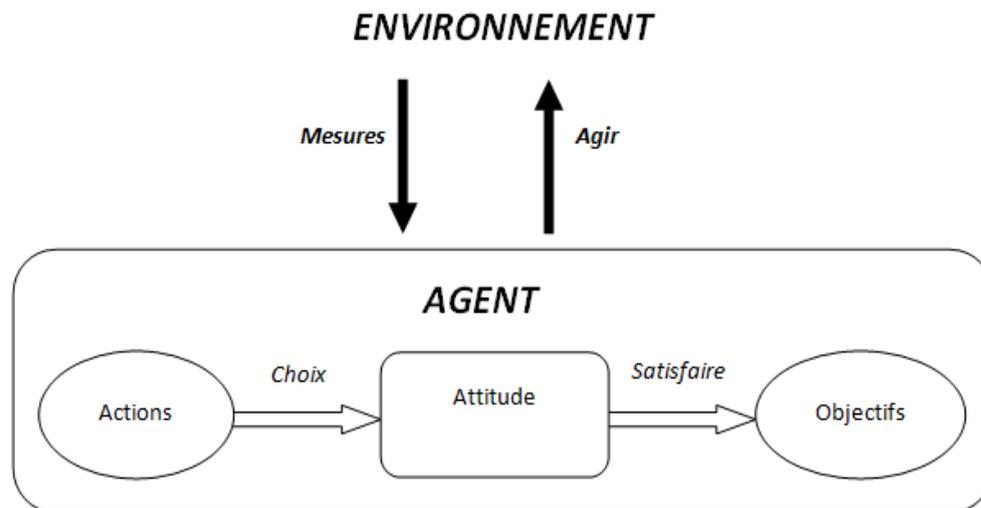


Figure III. 3 : Structure logique d'un agent.[5]

III.1 Description des systèmes multi-agents :

Un système multi agents est une composition de plusieurs agents. Même si un système est composé d'un seul agent il est dit multi agents. En effet, cet agent unique travail dans un environnement et certainement interagit avec ses utilisateurs (qui peuvent être considérés à leurs tour comme des agents). Les systèmes multi agents sont capables de modéliser des systèmes et comportements complexes .De plus, les agents qui doivent interagir et coopérer pour résoudre une tâche, peuvent avoir chacun des objectifs similaires voir même contradictoires. Les agents vont interagir les uns avec les autres de manières :

- directe à travers une communication avec négociation.
- de manière indirecte en agissant sur l'environnement.

Il faut également noter que dans ce type de système un agent a le droit d'estimer l'utilité d'une coopération pour servir l'intérêt commun ou bien l'autonomie pour servir des intérêts propres .

IV. L'environnement de développement :

La programmation du module Electric Imp est effectuée en exploitant la technologie du Cloud Computing et un langage de programmation dit Squirrel. En effet,

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

l'environnement de développement est accessible par le biais d'une simple connexion internet de n'importe où sur la planète.

IV.1 Vue d'ensemble :

« Squirrel » est un langage de programmation de haut niveau orienté objet, conçu pour être un langage de script léger qui permet de générer des fichiers binaires de taille réduite, avec une faible occupation de l'espace mémoire et une exécution en temps réel et s'adapte aux exigences de l'IOT. [9]

Le langage Squirrel se caractérise par :

- Licence Open Source MIT (Massachusetts Institute of Technology)
- fonctions d'ordre supérieur (prendre une ou plusieurs fonctions comme entrée et renvoyer une fonction).
- portée lexicale (pour déterminer la portée d'une variable en fonction de sa position dans le code)
- fils de coopération (coroutines) nous permettent d'exécuter plusieurs charge immédiatement
- récursions (peux fonctions ou plus peuvent s'appeler)
- le traitement des exceptions (permet de gérer les conditions exceptionnelles pendant l'exécution du programme)
- La gestion automatique de la mémoire (gère l'allocation et la libération de mémoire)
- La version stable actuelle est 3.0.7
- Le projet a été compilé et exécuté sur Windows (x86 et x64), Linux (x86 et x64), Solaris (x86 et x64), Mac OS X, FreeBSD, iOS et Android.

A été testé avec les compilateurs suivants:

- Microsoft Visual C ++ 6.0, 7.0, 7.1, 8.0, 9.0 et 10,0 (x86 et x64)
- MinGW gcc 3.2 (mingw spéciale 20020817-1)

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

- Cygwin gcc 3.2
- Linux gcc 3.x
- Linux gcc 4.x

Squirrel est inspiré des langages de programmation tel que Python, Java-script et surtout Lua (L'API est très similaire et le code de la table est basé sur une Lua).

V. L'environnement de développement :

V.1 A propos de l'IDE :

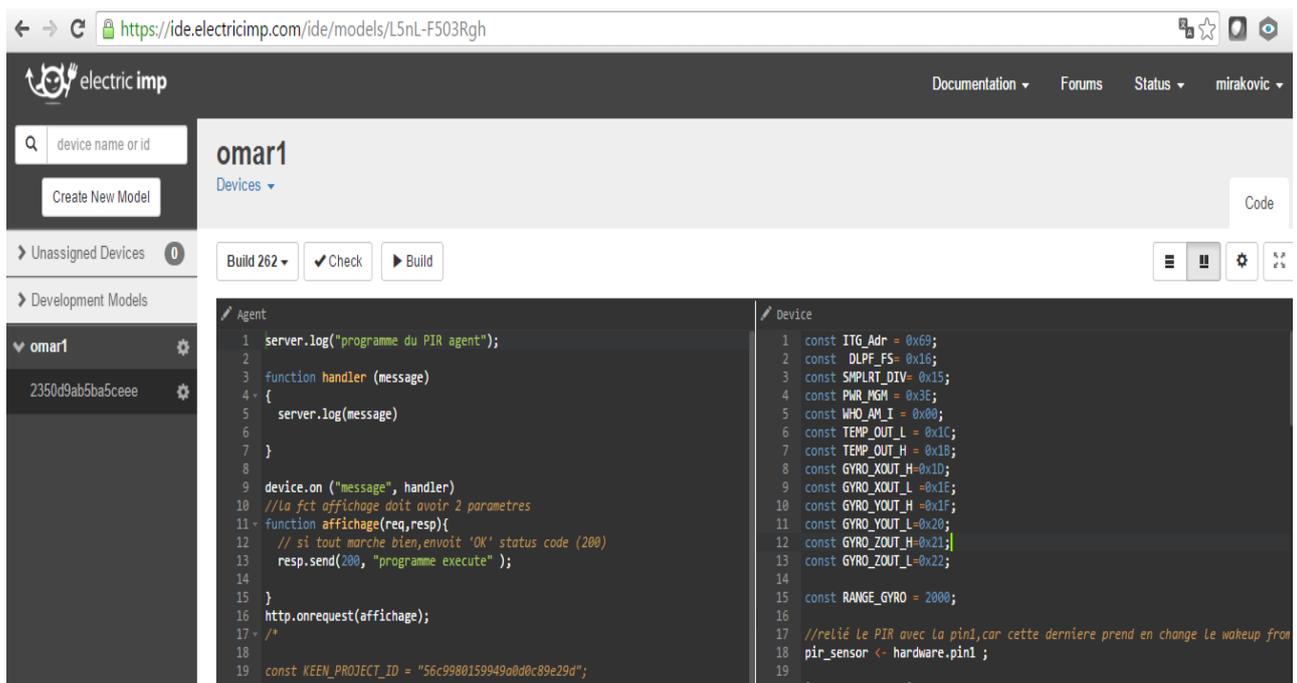


Figure III. 4 : Espace de développement dans la plateforme

L'IDE (Integrated Development Environment) fournit tous les outils nécessaires pour créer le code qui va être implémenté dans les modules Imp. Il donne également un accès facile aux API et à la documentation du langage Squirrel, ainsi qu'une multitude de conseils dans le forum des développeurs Imp Electric. [15]

L'IDE donne accès à un espace de travail pour écrire, éditer, déboguer et exécuter le code déployé sur un appareil IMP-activé et à son agent.

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

L'IDE prend en charge plusieurs applications «modèles» dans la terminologie de l'IDE dont certaines sont passées en production, tandis que d'autres sont des projets d'archives conservés pour référence.

L'IDE est une ressource en ligne, elle fonctionne dans le navigateur Web et nécessite une connexion Internet pour récupérer les modèles Cloud d'Electric Imp et pour enregistrer les modifications apportées.

V.2 Vue d'ensemble :

L'IDE comprend trois domaines clés:

1/ La barre de menu : donne accès aux documents essentiels, la console d'opérations (disponible pour les partenaires commerciaux d'Imp électrique seulement), le Forum des Développeurs et les détails du compte Electric IMP.

2/ Les modèles Navigator répertorie : c'est les modèles qui seront réalisés et archivés. Ils énumèrent également les appareils affectés à une partie ou l'ensemble de ces modèles, et des dispositifs qui doivent encore être associés à un code de programme.

3/ L'espace de travail : est l'endroit où le code est inséré puis transmis dans le Cloud d'électrique IMP, il est écrit et modifié pour faire fonctionner le dispositif, L'espace de travail se compose de quatre zones:

3.1/ Le panneau de commande : permet de configurer l'espace de travail, vérifie si le code ne contient pas d'erreurs, donne accès à une version précédente des logiciels et permet de déployer un nouveau code aux appareils et agents.

3.2/ Le panneau de code du dispositif : où le code du programme est écrit et modifié afin d'être exécuté sur l'appareil IMP-activé.

3.3/ Le panneau du code d'Agent: où le code du programme est écrit et modifié afin d'être exécuté sur un serveur dans le Cloud mis à disposition de l'IMP.

3.4/ Le volet du journal : permet de faire le suivi et la surveillance du fonctionnement du code de l'agent.

V.3 Compilation du code :

L'espace de travail est un moyen de tester le code afin de détecter les erreurs, sans avoir à déployer le code de l'agent et du dispositif sur un serveur et sur le périphérique. Le bouton "check" déclenche ce processus.

Le succès ou l'échec est signalé avec respectivement un message en vert ou rouge:

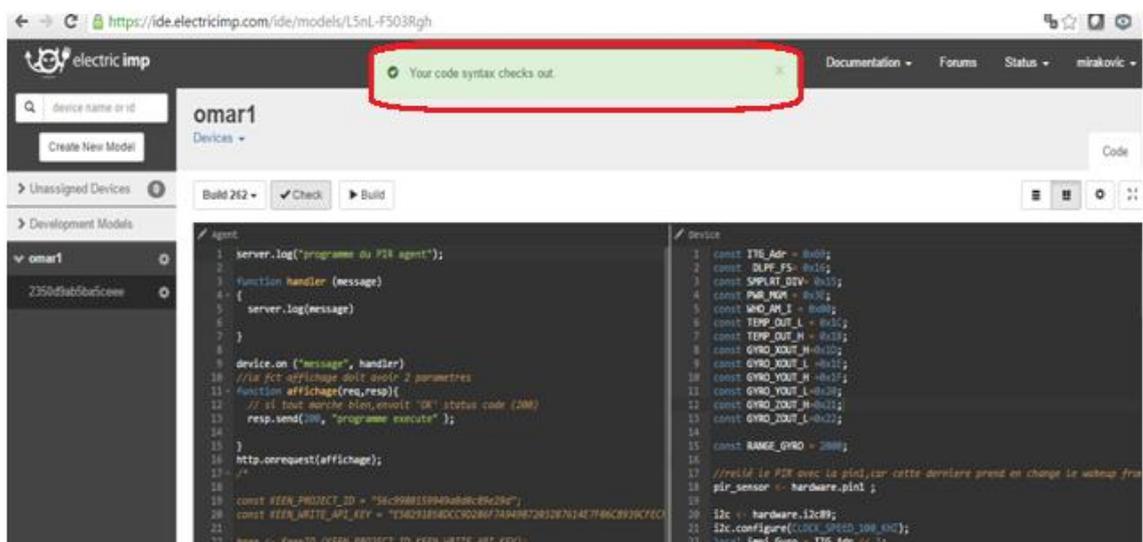
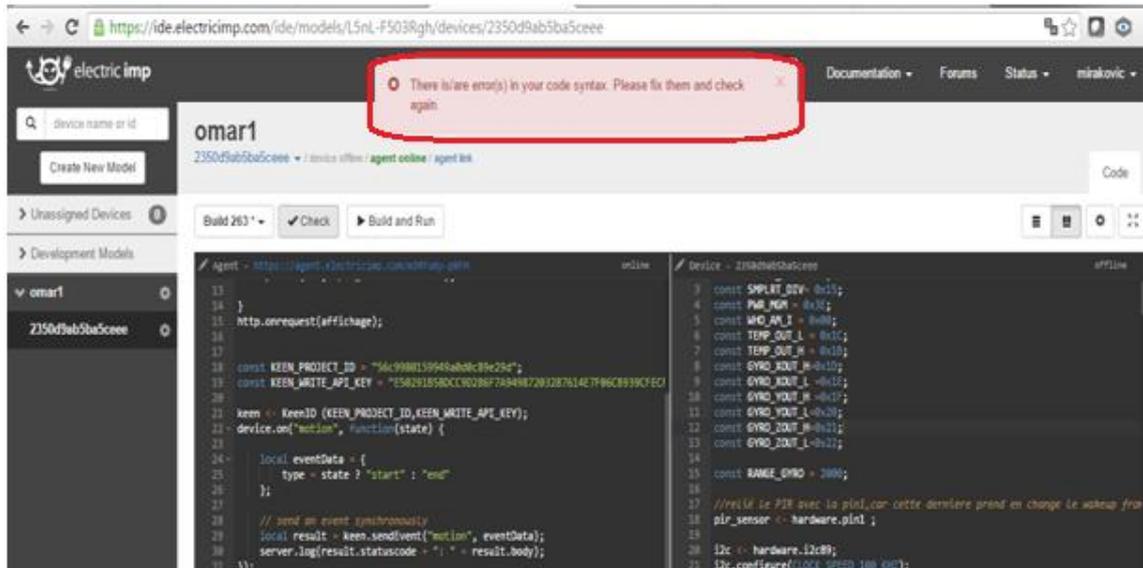


Figure III 5 : Tester si le code est correct ou erroné

Si le vérificateur mentionne une ou plusieurs erreurs dans le code, ils seront mis en évidence avec un 'X' blanc sur rouge à côté du numéro de la ligne dans laquelle

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

l'IDE détecte une erreur. Un Déplacement du pointeur de la souris sur le 'X' présente la raison pour mettre en évidence l'erreur.

V.4 Ecriture sur le module et Exécution du code :

Lorsque le code est modifié et enregistré, il est sujet à une compilation. Après chaque construction ou une sauvegarde, un numéro indique le nombre de fois où le code a été compilé, écrit et exécuté. Un simple chiffre qui s'incrémente automatiquement à partir de 1, pour indiquer la version en cours.

VI. Mécanisme de communication :

Il ya deux fenêtres de code dans l'IDE, l'une pour le code de l'appareil (Device) et l'autre pour le code de l'agent. Le code de l'appareil fonctionnera sur le périphérique et le code de l'agent sera exécuté sur le Cloud d'IMP. Il y a aussi un panneau pour lire les journaux pour confirmer la communication entre l'appareille et l'agent. [10]

Ce mécanisme est géré par une certaine méthode qu'on va détailler plu tard :

1/ device.send (message Name, data): cette méthode sert à publier un message de l'agent au dispositif.

Elle fonctionne en partenariat avec agent.on () pour permettre aux messages et données d'être envoyées de l'agent à son IMP. Par exemple, l'agent appelle:

Device. Send ('setsspeed',data)

2/ Device.on (message name, callback): Cette méthode enregistre une fonction pour traiter les messages envoyés par le dispositif à l'agent.

Elle fonctionne en partenariat avec agent.send () pour répondre aux messages et données envoyées par l'IMP à son agent, par exemple :

Device on ('setspeed',messagehandler)

3/ Agent.on: Enregistre une fonction pour traiter les messages envoyés par le dispositif à l'agent

Les modules exploités en combinaison avec Electric Imp

Cette méthode fonctionne en partenariat avec `device.send ()` pour répondre aux messages et données envoyées par l'agent à son dispositif d'IMP activé.

Agent.on ('setspeed',message handler)

4/ Agent .send : Pour publier un message du dispositif a l'agent

Cette méthode fonctionne en partenariat avec `device.on ()` pour permettre aux messages et données d'être envoyées a partir d'un dispositif à son agent.

Agent.send('setspeed',data) ;

VII. Conclusion:

Les protocoles et services décrits ont été mis en place pour améliorer la technologie d'Electric Imp dédiée aux objets connectés, en offrant le service de communication par le biais d'une simple requête « http » grâce au Cloud. L'application que nous allons réaliser est une technologie d'objets connectés qui prend en compte la fiabilité et la sécurité de la communication.

Table des matières

I. Introduction :	32
II. LE CLOUD :	32
II.1 Définition du Cloud :.....	32
II.2 Les services du cloud computing :	33
II.3 Les avantages du Cloud Computing :	33
II.3.1 Un usage simplifié :	33
II.3.2 Une réduction des coûts :.....	33
II.3.3 Une haute disponibilité du service :	34
II.4 Fonctionnement du cloud computing :.....	34
III. Les systèmes multi-agent :	34
III.1 Description des systèmes multi-agents :.....	36
IV. L'environnement de développement :	36
IV.1 Vue d'ensemble :	37
V. L'environnement de développement :	38
V.1 A propos de l'IDE :	38
V.2 Vue d'ensemble :	39
V.3 Compilation du code :	40
V.4 Ecriture sur le module et Exécution du code :	41
VI. Mécanisme de communication :.....	41
VII. Conclusion:	42

Figure III.1 : Fonctionnalités du « Cloud computing »	32
Figure III.2 : Interaction d'un agent avec son environnement	35
Figure III. 3 : Structure logique d'un agent.	36
Figure III. 4 : Espace de développement dans la plateforme	38
FigureIII5 : Tester si le code est correct ou erroné	40

(s.d.). Récupéré sur www.bou3mama.com (cloud)

(s.d.). Récupéré sur mémoire de doctorat benadda belkacem

I. Introduction :

Le module IoT de type Electric Imp 001 est doté de dispositifs élaborés de communication et d'échange d'informations et doit être combiné avec des modules pour récupérer des informations de son environnement. Bien que son champ d'application soit presque illimité, nous nous sommes fixés l'objectif de traiter une problématique liée au bien être des humains, que nous allons détaillée dans ce chapitre. Cette application va nous permettre d'analyser en détail le mode d'opération des IoT avec Electric Imp.

II. Présentation de l'application réalisée :

Pour réaliser notre application nous avons intégré des dispositifs et capteurs adéquats, tout d'abord un calculateur d'orientation (Gyroscope ITG-3200) que nous allons utiliser pour obtenir la variation de l'orientation et de vitesse angulaire chez un patient ou une personne âgée par exemple ; puis un capteur de mouvement PIR pour démarrer tout le système une fois un mouvement est détecté et enfin, pour garantir une grande autonomie en énergie de notre application , nous avons mis en œuvre un système d'alimentation à base de cellules photovoltaïques.

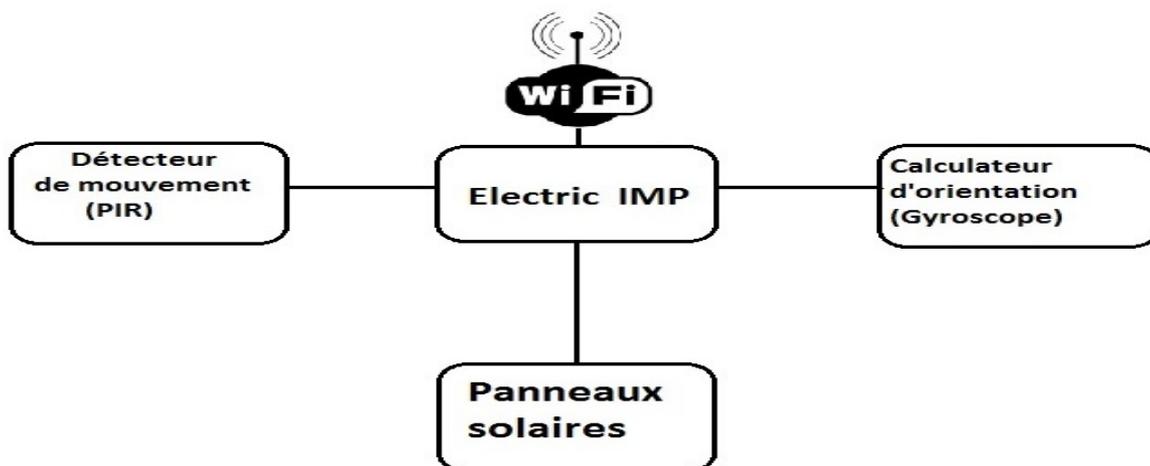


Figure IV.1 : Schéma asymptotique de l'application réalisée

III. Gyroscope - ITG-3200 :

Le ITG-3200 est le premier composant dans le monde avec sortie numérique, optimisé pour les jeux, les souris 3D, Surveillance de la santé et de sport et les applications de contrôle à distance, qui implémente le comportement d'un gyroscope. Ces avantages se résument à un bruit de basse fréquence inférieure à celle des appareils de la génération précédente, ce qui simplifie le développement d'applications et le traitement de mouvement plus sensible. [16]

III.1 Rôle du gyroscope dans notre application :

Dans notre application, le gyroscope devra être placé dans un petit boîtier mis à disposition d'une personne malade ou âgée dans le but de détecter une éventuelle chute, si ce dernier tombe ou fait une crise, un groupe responsable de son suivi devra lui porter secours. De plus, le fait de savoir la position dans laquelle se trouve le malade permettra de connaître son état cardiaque et s'il a des difficultés pour respirer, une procédure pareille permettra ainsi de faire le suivi d'un patient là où il se trouve et de traiter son cas de manière instantanée lors de son arrivée dans un centre de santé vu que les causes et l'état du malade sont connus précédemment.

III.2 Description:

ITG-3200 dispose d'un détecteur triple axe X, Y et Z avec des sorties numériques, il dispose de trois convertisseurs analogique-numérique (ADC) 16 bits pour numériser les sorties du gyroscope, une largeur de bande de filtre passe-bas interne est sélectionnable par l'utilisateur et d'une interface I²C (400kHz). Les dispositifs additionnels incluent un capteur de températures intégrées et un oscillateur interne précis de $\pm 2\%$.

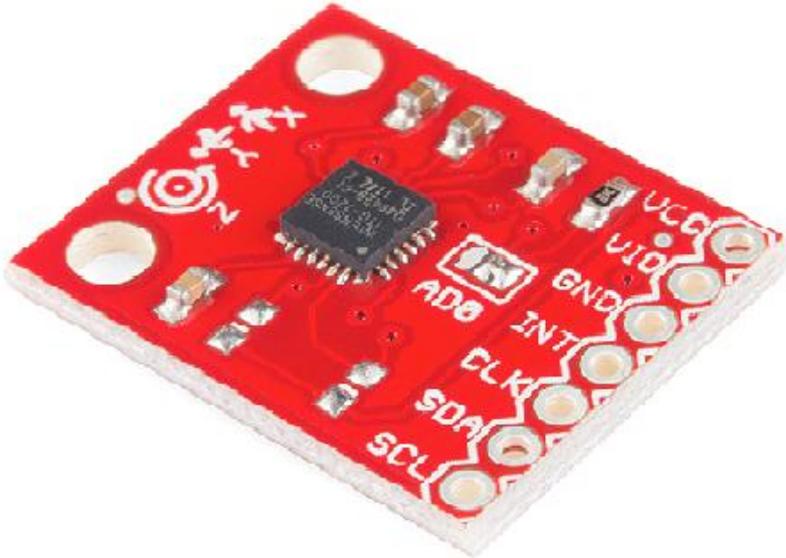


Figure IV.2 : Un gyroscope ITG 3200

L'ITG-3200 peut être alimenté par une tension entre 2,1 et 3,6V. Pour une flexibilité d'alimentation, le gyroscope a une broche séparée de référence VLOGIC noté « VIO », en plus de sa broche d'alimentation analogique « VDD » qui fixe les niveaux de son interface série logiques. La tension VLOGIC peut varier entre 1.71V (min) et VDD (max). Pour un usage général, VLOGIC peut être liée à VCC. Le courant de fonctionnement normal du capteur est de seulement 6.5mA. [16]

La communication avec l'ITG-3200 est réalisée sur les deux fils (I²C). Le capteur comporte également une sortie d'interruption, et une entrée d'horloge en option. Un cavalier (jumper) sur le haut de la carte permet de sélectionner facilement l'adresse I²C, en tirant sur la tige d'AD0 soit VCC ou GND; la carte est livrée avec ce cavalier lié à VCC.

III.3 Caractéristiques:

- Sortie digital sur les axes -X-, -Y- et -Z- et un capteur de vitesse angulaire sur un circuit intégré avec une sensibilité de 14,375 LSB par ° / sec et une plage pleine échelle de ± 2000 ° / sec.
- Flexible tension VLOGIC de 1.71V à VDD.
- Filtre passe-bas numérique programmable, Pas de filtre passe-haut nécessaire.
- Faible consommation de courant 6.5mA.
- Large plage de tension VDD d'alimentation entre 2,1V et 3,6V.

Application avec Electric Imp

- Courant de veille: $5\mu\text{A}$.
- Capteur de température à la sortie numérique.
- Mode d'interface série I²C à 400kHz.

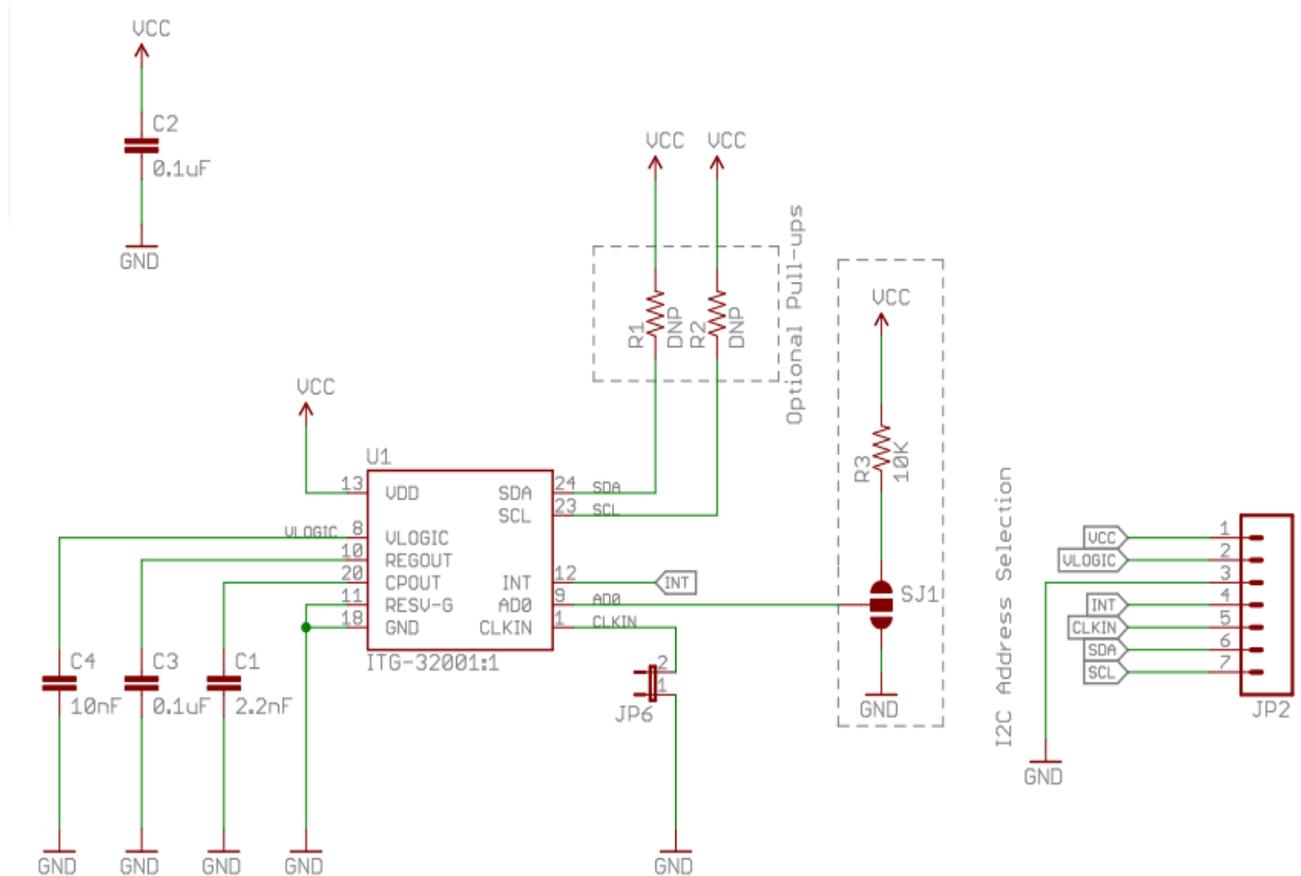


Figure IV.3 : Circuit électronique du gyroscope

- Les entrées d'horloge externe en option de 32,768 kHz ou 19.2MHz à synchroniser avec l'horloge du système
- Dimensions: 0,87 x 0,72 "(22,22 x 18.48mm)

L'ITG est considéré comme un équipement esclave et peut être connecté au bus I²C, les échanges ont toujours lieu entre un seul maître, dans notre cas c'est « l'Electric IMP » et un ou plusieurs esclaves, toujours à l'initiative du maître. Il ne faut également pas oublier de placer une masse commune aux équipements.

Les 2 lignes sont tirées au niveau de tension VDD à travers des résistances de pull-up (RP), car lors de l'implémentation du protocole I²C dans une carte Imp, les résistances pull-

Application avec Electric Imp

ups externes sont nécessaires. Il est impossible d'activer les résistances pull-ups internes lorsque les broches sont utilisées pour I²C.

Une résistance pull-up de 10K Ω permet de fixer une entrée numérique à un état **HIGH** ou **LOW** stable. Elle permet aussi de réduire le bruit, d'éliminer les broches flottantes et surtout, d'établir deux états électriques clairs et distincts pour éviter un état inconnu :

- Un état haut (**HIGH**).
- Un état bas (**LOW**).

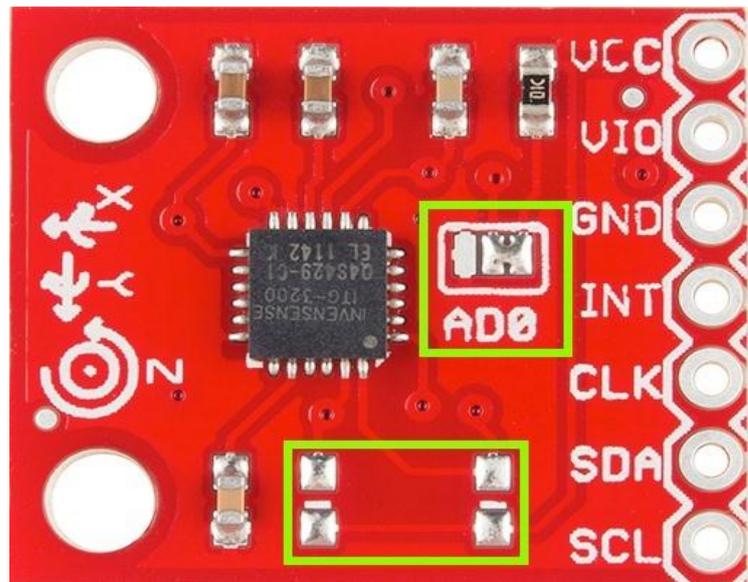


Figure VI.4 : Emplacement des résistances pull-up

Même si nous alimentons la carte avec la tension de sortie de 3,3V, les signaux de communication SCL SDA peuvent atteindre une tension de 5V. Techniquement, cela devrait être évité car elle peut causer des dommages au capteur dans le long terme, il est donc nécessaire d'utiliser un convertisseur de niveau logique pour modifier les tensions des signaux de communication.

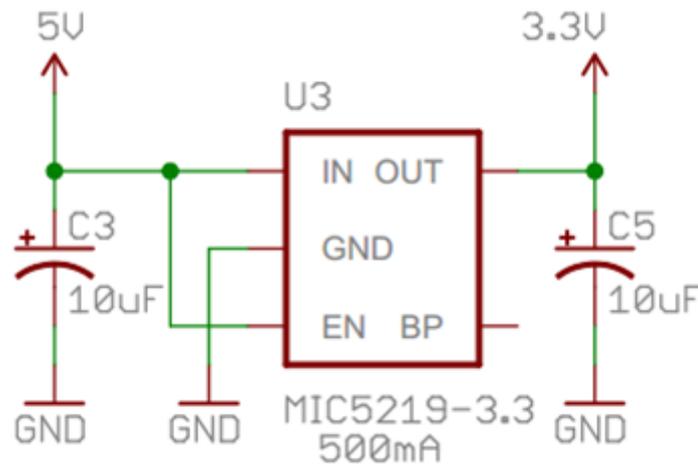


Figure VI.5 : Convertisseur de tension implémenté au niveau de l'IMP Shield

Les données du gyroscope pour les axes X, Y et Z sont imprimées sur le port série et sont sous formes d'un nombre binaire c'est à dire qu'ils n'ont pas encore été interprétés en degrés par seconde. Un nombre plus grand signifie que le dispositif tourne plus vite, Les nombres positifs indiquent un sens de rotation tandis que les nombres négatifs indiquent le sens de rotation inverse. [12]

La rotation est généralement mesurée en degrés par seconde, si la carte tourne autour d'un axe exactement une fois dans une seconde, le gyroscope mesurerait 360 degrés par seconde.

III.4 Le protocole I²C :

III.4.1 Présentation du bus périphérique à périphérique :

Le protocole Inter-Integrated Circuit (I²C) est un mécanisme de communication série synchrone bidirectionnel half-duplex. Il a été créé pour normaliser les communications entre les puces, le I²C est devenu un standard soutenu par de nombreux dispositifs de microcontrôleur, de cartes Arduino et Raspberry Pi...ext

III.4.2 Le Bus physique I²C :

Le I²C comprend lui-même deux fils. Une ligne I²C qui transmet des données, les autres signaux d'horloge synchronisent la conversation entre les périphériques. La ligne de données est appelée «SDA», la ligne d'horloge «SCL».

Application avec Electric Imp

Le SDA et SCL sont reliés chacun à une ligne d'alimentation de 3.3 ou 5V par une seule résistance "pull-up" sur chaque ligne. Cela est nécessaire parce que les échanges de la SDA et les connexions SCL sont « à collecteur ouvert », ils peuvent forcer la tension sur la ligne à 0V, mais ne peut pas le porter à 3.3V ou plus. L'ajout de ces deux résistances est suffisant pour le bus I²C, peu importe le nombre de périphériques connectés à ce dernier, il garantit la tension crête à 3.3V sans un court-circuit. [20]

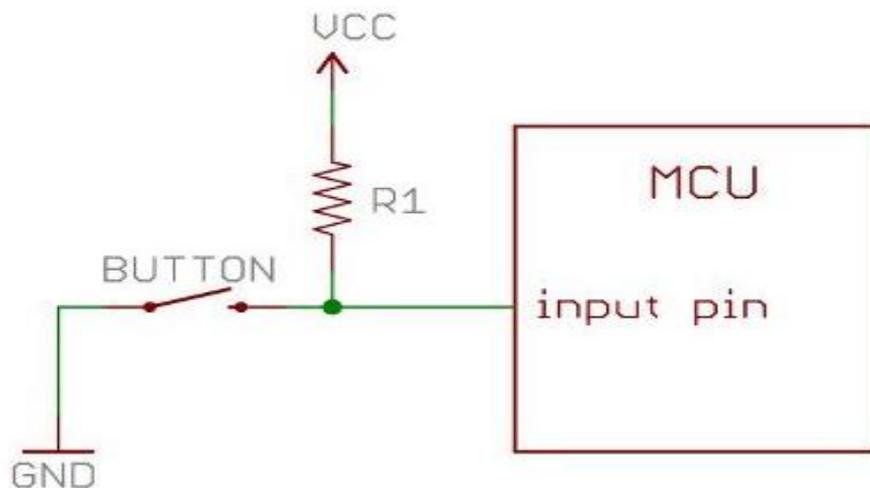


Figure VI.6 : Schéma pour relier une résistance pull-up avec une ligne I²C

III.4.3 Adressage :

Un dispositif I²C peut communiquer avec un autre à condition que les deux appareils doivent être uniquement identifiables, Cette identité est l'adresse I²C de l'appareil. L'adresse de l'esclave des dispositifs ITG 3200 est b110100X qui est sur 7 bits, donc un bus peut comprendre jusqu'à 127 appareils en tout.

Le bit LSB de l'adresse 7 bits est déterminé par le niveau logique sur la broche 9. Ceci permet à deux dispositifs ITG 3200 d'être connectés au même bus I²C. Quand cette configuration est utilisée, l'adresse de l'un des dispositifs devrait être b1101000 (broche 9 est logique bas) et l'adresse de l'autre devrait être b1101001 (broche 9 est logique haut), l'adresse I²C est stockée dans le registre 0 (registre WHO_AM_I)

Un octet comprend huit bits, le bit supplémentaire est utilisé pour indiquer si le signal est envoyé par le maître à l'esclave est une «écriture» ou une «lecture».

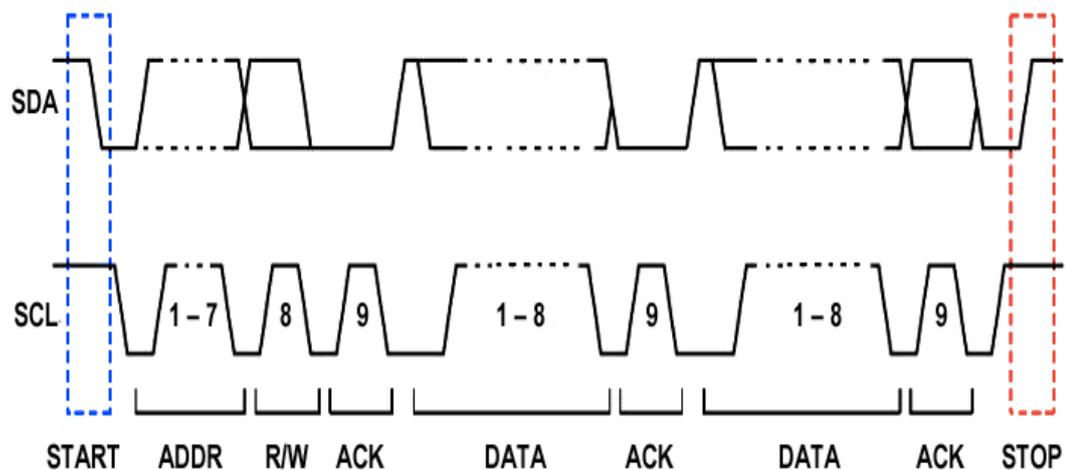


Figure VI.7 : Trame I²C

III.4.4 Horloge de synchronisation de la transmission :

La vitesse d'horloge standard, sur la ligne SCL, pour les communications I²C avec l'ITG3200 est de 100kHz, c-à-d 100.000 pulsation SCL par seconde. Il est possible d'aller plus vite, jusqu'à 400kHz, au détriment de la consommation électrique. [9]

```
i2c.configure(CLOCK_SPEED_100_KHZ);
```

Figure VI.8 : Commande pour régler la vitesse de la communication I²C

L'API Imp fournit quatre valeurs d'horloge prédéfinies: 10, 50 100 et 400kHz. Elles sont sélectionnées en passant une constante à la configuration I²C d'IMP comme paramètre.

Où la valeur de la constante est définie comme suit :

- ✓ CLOCK_SPEED_10_KHZ.
- ✓ CLOCK_SPEED_50_KHZ.
- ✓ CLOCK_SPEED_100_KHZ.
- ✓ CLOCK_SPEED_400_KHZ.

III.4.5 signalisation :

Le maitre du bus I²C utilise 7 bits pour l'adresse d'un dispositif pour signaler la composante qu'il veut lui communiqué.

La signalisation est plus complexe que cela, mais heureusement, tous les détails sont pris en charge par l'Imp de sorte qu'on doit seulement fournir l'adresse puis la décaler vers la gauche pour créer une valeur de 8 bits.

```
const ITG_Adr = 0x69;  
local impi_Gyro = ITG_Adr << 1;
```

Figure VI.9 : Décaler l'adresse du gyroscope avoir une valeur de 8 bits

Tous les objets opérants avec le protocole I²C et associés à Electric Imp sont automatiquement instanciés au démarrage et sont accessibles via les méthodes et propriétés de l'objet modélisant au niveau du code de l'interface I²C « hardware.I²C ».

imp	I ² C #1	I ² C #2
imp001	hardware.i2c12	hardware.i2c89

Figure VI.10 : Les pins équipés du protocole I²C

III.4.6 Interprétation du code Device :

La fonction « lireReg » qui a comme paramètre une adresse et un registre permet de lire les registres de l'adresse I²C et retourner l'octet lu.

```
function lireReg (adresse , registre) {  
    local val ;  
    val = i2c.read (adresse, format( "%c", registre ), 1);  
    if (val != null) {  
        return val[0];  
    } else {  
        return null;  
    }  
}
```

Figure VI.11 : Fonction lireReg

La fonction « valmask » permet de concaténer une valeur et son masque dans une seule chaîne de caractères et retourner le résultat. La fonction « lireGyro » lit les deux états (High et Low) des registres qui indiquent la vitesse sur les axes (x, y, z) et attribue le résultat à une variable « result » sous forme d'un tableau, nous devons faire une conversion analogique numérique en divisant le résultat par 32768 (2^{15}) car la représentation est sur 15 bits au maximum puis multiplier par Range_gyro=2000 qui est la vitesse maximale détectée par le gyroscope afin d'obtenir un résultat en « °/S ».

```
function valmask(value, mask) {
    value = ~(value & mask) + 1;
    return value & mask;
}
function lireGyro() {
    local x_raw = (lireReg(imp_i_Gyro, GYRO_XOUT_H) << 8) + lireReg(imp_i_Gyro, GYRO_XOUT_L);
    local y_raw = (lireReg(imp_i_Gyro, GYRO_YOUT_H) << 8) + lireReg(imp_i_Gyro, GYRO_YOUT_L);
    local z_raw = (lireReg(imp_i_Gyro, GYRO_ZOUT_H) << 8) + lireReg(imp_i_Gyro, GYRO_ZOUT_L);

    local result = {};
    if (x_raw & 0x8000) {
        result.x <- (-1.0) * valmask(x_raw, 0xffff);
    } else {
        result.x <- x_raw;
    }

    if (y_raw & 0x8000) {
        result.y <- (-1.0) * valmask(y_raw, 0xffff);
    } else {
        result.y <- y_raw;
    }

    if (z_raw & 0x8000) {
        result.z <- (-1.0) * valmask(z_raw, 0xffff);
    } else {
        result.z <- z_raw;
    }

    result.x = (result.x / 32768.0) * RANGE_GYRO;
    result.y = (result.y / 32768.0) * RANGE_GYRO;
    result.z = (result.z / 32768.0) * RANGE_GYRO;

    return result;
}
```

Figure VI.12 : La fonction « valmask » et « lireGyro »

La fonction puissanceWifi() permettra de détecter l'intensité du signal wifi puis l'affecter à une variable résultat en dBm et en un nombre de bars .

```
function puissanceWifi()
{
  local rssi = imp.rssi();
  local resultat;
  if (rssi < -87)
  {
    resultat = rssi + "dBm (0 bars)";
    // server.Log("Intensité du signal: " + rssi + "dBm (0 bars)");
  }
  else if (rssi < -82)
  {
    resultat = rssi + "dBm (1 bars)";
    //server.Log("Intensité du signal: " + rssi + "dBm (1 bar)");
  }
  else if (rssi < -77)
  {
    resultat = rssi + "dBm (2 bars)";
    //server.Log("Intensité du signal: " + rssi + "dBm (2 bars)");
  }
  else if (rssi < -72)
  {
    resultat = rssi + "dBm (3 bars)";
    //server.Log("Intensité du signal: " + rssi + "dBm (3 bars)");
  }
  else if (rssi < -67)
  {
    resultat = rssi + "dBm (4 bars)";
    //server.Log("Intensité du signal: " + rssi + "dBm (4 bars)");
  }
  else
  {
    resultat = rssi + "dBm (5 bars)";
    //server.Log("Intensité du signal: " + rssi + "dBm (5 bars)");
  }
  return resultat ;
}
```

Figure VI.13 : Fonction PuissanceWifi

La carte Imp fournit un certain nombre de broches qui peuvent être utilisés à des fins générales Entré/Sortie (GPIO). En outre, beaucoup de ces broches peuvent varier et être configurées à l'une des plusieurs fonctions matérielles prédéfinies.

Bien que les broches ne peuvent avoir qu'une fonction à la fois, ils peuvent être reconfigurés lors de l'exécution et changer de fonction, pour ce qui est de notre gyroscope, deux possibilités été possibles ; soit l'interfacé avec l'Imp aux biais des pins 1 et 2 ou bien les pins 8 et 9. Nous avons opté pour la deuxième possibilité vu que la pin 1 va être associé au détecteur de mouvement « PIR » sachant que cette broche assure le réveil du mode « Stand-by ». Cela permettra une gestion efficace de l'énergie, c'est d'ailleurs un paramètre très important lors de la conception d'une solution dans l'internet des objets.

IV. Principe de fonctionnement des détecteurs de mouvement et de présence :

Les détecteurs de mouvement et de présence sont équipés pour détecter des sources de chaleur en mouvement dans leurs zones de détection. Chaque objet, en particulier le corps humain, émet un rayonnement thermique dont l'intensité est fonction de sa température de surface.

Le rayonnement thermique aux températures habituelles fait partie du domaine des rayons infrarouges (IR) invisibles pour l'œil humain. Un capteur pyroélectrique adapté au domaine infrarouge reçoit ce rayonnement et le convertit en tension électrique. Comme le capteur PIR (Passive Infra-Red) n'émet pas lui-même de rayonnement, il détecte un mouvement en comparant les changements dans les niveaux (chaleur rayonnante) infrarouge émis par les objets environnants, ce déplacement peut être détecté par la vérification d'un changement brusque dans le motif IR environnant. [11]

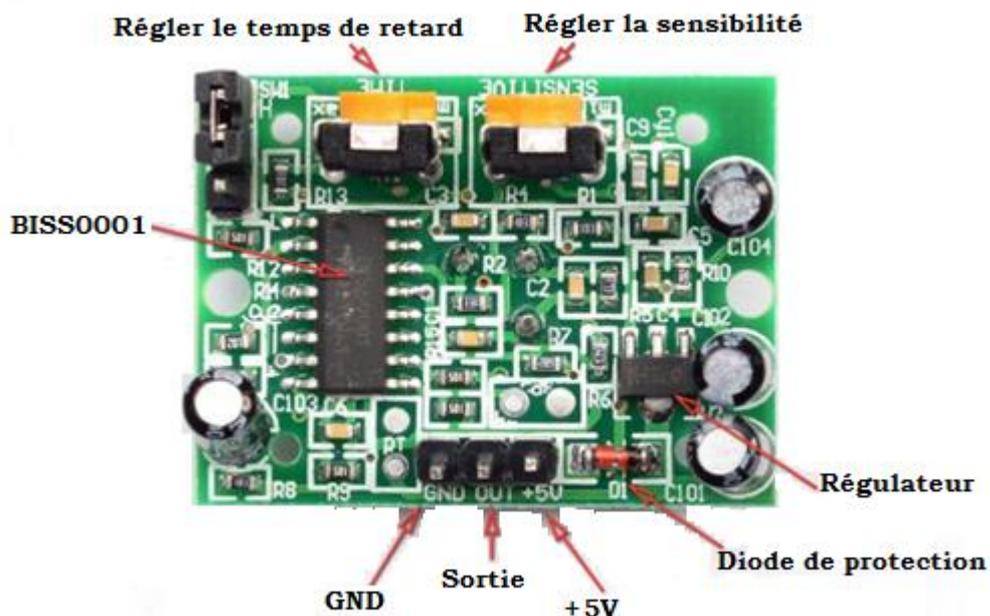


Figure VI.14 : PIR Sensor

Le capteur PIR possède 3 pins : l'alimentation, la masse et la pin data. Par défaut, celui-ci est à l'état bas. Quand le capteur détectera un mouvement cette sortie passera à l'état haut pendant une durée comprise entre 5s et 2min réglable grâce à l'un des deux petits potentiomètres situés à l'arrière du capteur, l'autre potentiomètre permet de régler la sensibilité de 3 à 6m, ce signal logique peut être lu par un microcontrôleur.

Application avec Electric Imp

Le PIR est basé sur un circuit intégré BISS001 qui fonctionne entre 5 et 12V et consomme très peu de courant « 1.6mA », il est donc idéal pour notre application. Mis à part la puissance, la broche de signal se connecte à toute broche numérique sur notre carte IMP.

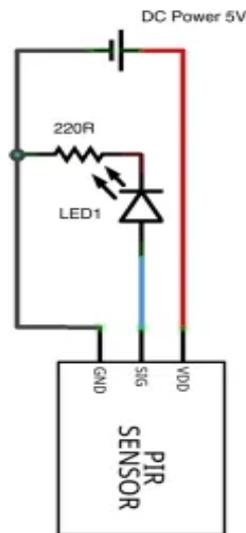


Figure VI.15 : Circuit du détecteur de mouvement

Une résistance est placée à la sortie du circuit détecteur parce que la broche du signal est un collecteur ouvert, ce qui signifie qu'il est comme si elle n'a pas été reliée à quoi que ce soit quand rien est signalé. Quand un mouvement est détecté, il relie la broche à la terre. Nous utilisons donc la résistance quand nous lisons la valeur de cette broche quand aucun mouvement est détecté, il semble HIGH. Sans la résistance la broche serait flottant autour et la valeur de lecture flotterait au hasard entre HIGH et LOW.

IV.1 Domaines d'application et fonctions :

Les détecteurs de mouvement et de présence sont proposés pour les différents domaines d'application dans de nombreuses versions et avec un grand nombre de fonctions. Un des critères les plus importants pour le choix du détecteur adapté est la zone de détection.

Le détecteur de mouvement passif à infrarouge « PIR » est très répandu avec technologie de détection évoluée, vaste portée et fonctionnalités intégrées de prévention de fausses alertes. En combinant plusieurs détecteurs il est possible d'augmenter la zone de détection.

IV.2 SPÉCIFICATIONS [21]:

- ✓ Appareil pyroélectrique qui détecte les mouvements en mesurant les changements de détection jusqu'à environ 6 mètres.
- ✓ Compatible avec tous les microcontrôleurs.
- ✓ Idéal pour les applications systèmes d'alarme, détecteurs de changement d'éclairage et robotiques...
- ✓ Un seul bit de sortie.
- ✓ Sa petite taille le rend facile à dissimuler.
- ✓ Peut fonctionner avec des tensions entre 3V et 9V, mais idéalement à 5V.
- ✓ Consomme très peu de courant « 1.6mA »,
- ✓ Peu coûteux et facile à utiliser.
- ✓ Température de fonctionnement: 0 à 50 ° C
- ✓ Dimensions: 35,8 x 25,4 x 20,3 cm

IV.3 Mode de fonctionnement du PIR avec la carte Imp :

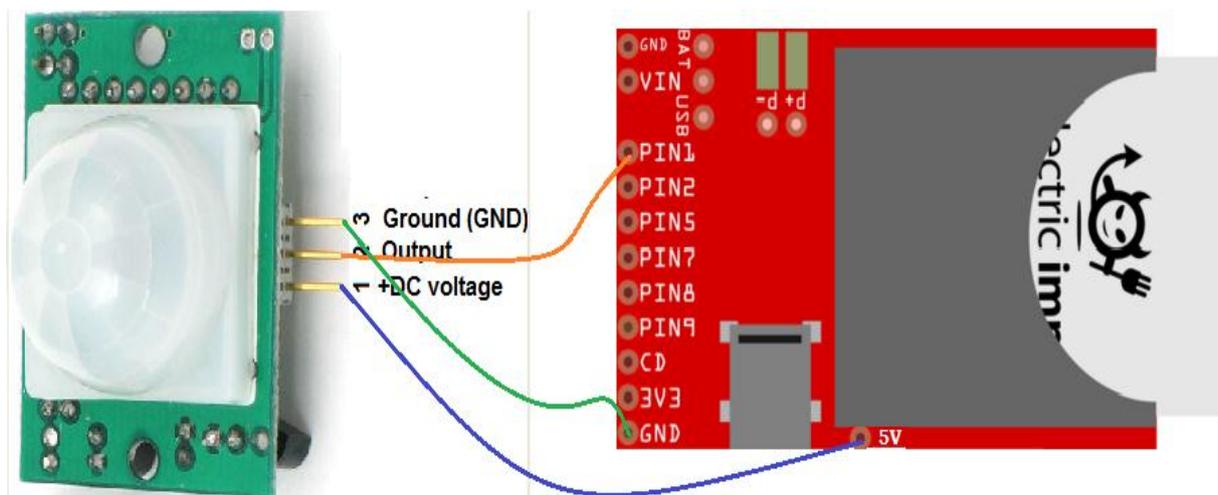


Figure VI.16 : Le détecteur de mouvement interfacé avec la carte Imp

Application avec Electric Imp

Le capteur de mouvement sera employé dans notre application pour qu'une fois un mouvement détecté, le gyroscope est activé et envoie ses calculs à l'agent, sinon ce dernier reste en stand-by.

La pin 1 va être associée au détecteur de mouvement « PIR » vu que cette broche assure le réveil du mode en veille « Stand-by » cela permettra une bonne gestion de l'énergie, c'est d'ailleurs un paramètre très important lors de la conception d'une solution dans l'internet des objets.

```
pir_sensor <- hardware.pin1 ;  
pir_sensor.configure(DIGITAL_IN_WAKEUP, detection );
```

Figure VI.17 : Association du pir au pin 1 et configuration du réveil

Grace à une fonction mise en place pour la détection du mouvement, la variable local `pir_state` reçoit l'état de PIR.

```
function detection () {  
  
local pir_state = pir_sensor.read();
```

Figure VI.18 : Fonction de détection

Dans notre application, le module Imp passe en mode veille lorsqu'aucun mouvement n'est détecté garantissant ainsi une économie de l'énergie.

V. Alimentation de l'application :

Nous avons choisi d'alimenter l'application créée par des cellules solaires. La raison essentielle qui nous a amené à remplacer les piles ordinaires par des cellules photovoltaïques pour alimenter notre projet a été que si notre application allait être déployée sur une longue durée, nous devons à chaque fois remplacer les piles, ce qui

Application avec Electric Imp

serait irréalisable si on devait changer les piles de milliards d'appareils déployés aux quatre coins de la planète et même dans l'espace, cela serait évidemment impossible.[22]

Donc pour garantir l'autonomie de notre application, un dispositif à base de cellules photovoltaïques de 5.5 V, 100mA chacune placée en parallèles avec 2 batteries de 3.7 V chacune pour pouvoir les charger.

Pour adapter la tension de sortie des batteries à celle de notre carte Imp, nous avons exploité le régulateur de tension déjà existant dans l'IMP-Shield pour desservir une tension adéquate à la carte IMP, n'empêche que le condensateur de l'Imp Shield devait être modifié pour s'accommoder à la tension élevée qui pourrait être émise par les batteries.

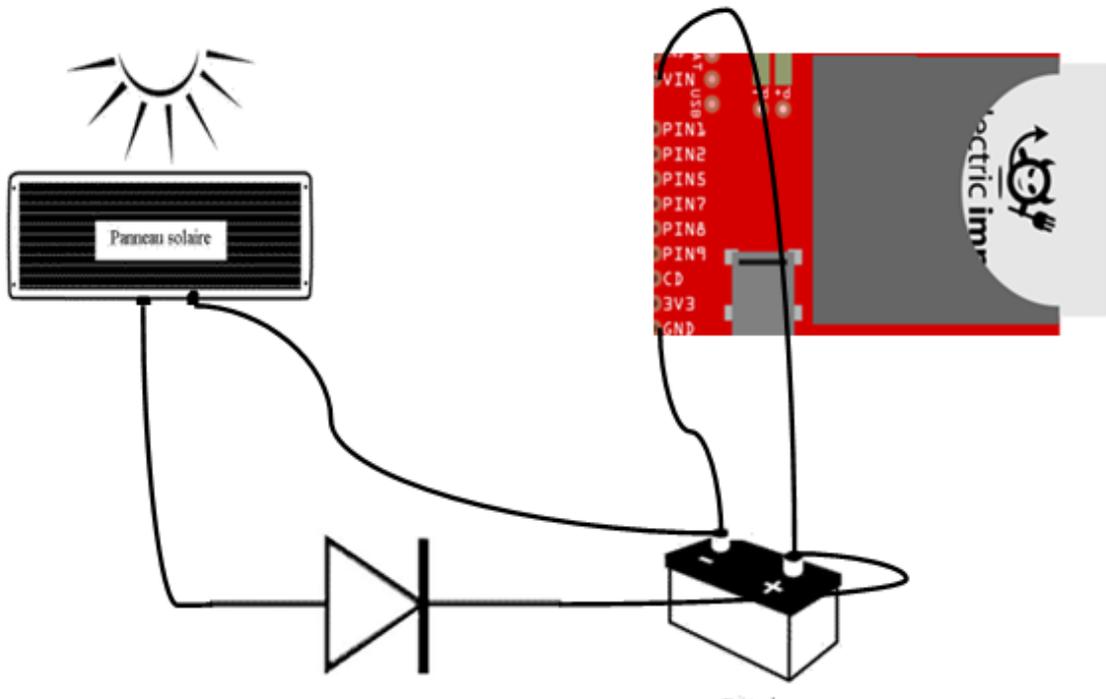


Figure VI.19 : Schéma récapitulatif de notre application

Une mesure doit être prise pour le fonctionnement correct de notre système d'alimentation qui consiste à placer une diode en série pour éviter la décharge des batteries si les cellules ne sont pas actives.

VI. Interprétation du code Agent :

Pour l'interprétation des résultats obtenus des dispositifs de transmissions entre le Device et l'agent vont être exploités.

On met une condition pour tester l'état du PIR et l'associer a une LED pour attirer l'attention de l'utilisateur. Une fois un mouvement détecté, un compte à rebours de 10 secondes se déclenche, la LED est allumée, la fonction lireGro() et puissanceWifi() sont exécutées puis transmises à l'agent au biais de la commande agent.send.

```
if(pir_state==1){
  server.log("mouvement détecté");

  local i = hardware.millis();

  while (hardware.millis() - i < 10000) {

    local result = lireGyro();
    agent.send("message", result);

    local resultat = puissanceWifi();
    agent.send("wifi", resultat);
    led.configure( DIGITAL_OUT );
  }
}
else {
  server.log ("fin du mouvement");
}
}
```

Figure VI.20 : Fonctions exécutées et envoyées à l'agent

Une fois l'état de PIR est lu, il sera envoyé à l'agent grâce une commande agent. send

```
agent.send("motion", format (" Etat du PIR : %d", pir_state ));
```

Figure VI.21 : Envoie des résultats à l'agent

Application avec Electric Imp

L'agent reçoit les données envoyées par le Device et exécute la fonction `state()` qui contient deux possibilités soit « start » en cas de mouvement ou « end » s'il n'y a pas de mouvement puis affiche le résultat dans le Device logs

```
device.on("motion", function(state) {
  pir = state;
  local eventData = {
    type = state ? "start" : "end"
  };

  // send an event synchronously
  local result = keen.sendEvent("pir_state", eventData);
  server.log(result.statuscode + ": " + result.body);
});
```

Figure VI.22 : Réception des données par l'agent

L'agent reçoit les vitesses de rotations dans les axes (x, y, z) grâce à la commande `device.on` puis exécute la fonction `calcul()` qui va afficher les vitesses selon les 3 axes dans le Device logs.

Une autre fonction sera exécutée pour afficher les résultats du gyroscope, l'état du PIR et la puissance du signal wifi en accédant au lien donné dans la plateforme

```
function calcul (message) {
  gyro = message;

  server.log(format("vitesse x: %f", gyro.x));
  server.log(format("vitesse y: %f", gyro.y));
  server.log(format("vitesse z: %f", gyro.z));
}

device.on ("message", calcul);

function affichage(req,resp){
  resp.send(200, format("x= %f,y= %f,z= %f, \n pir=%s, \n wifi=%s", gyro.x, gyro.y, gyro.z, pir, valeur ));
}

http.onrequest(affichage);
```

Figure VI.23 : La fonction `calcul()` et `affichage()`

Application avec Electric Imp

La requête http permet d'obtenir comme l'exemple ci-dessous une page web avec les informations sur l'état du pir, du wifi et des vitesses de rotations axiales

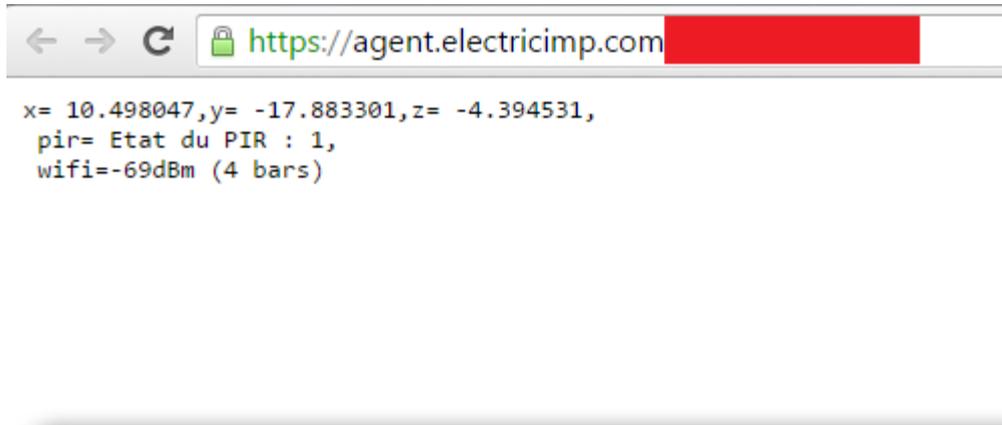


Figure VI.24 : Résultats de la requête

VII. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présentons les approches exploitées avec le module Electric Imp pour concevoir et développer une application dédiée au bien être et qui consiste à détecter le mouvement d'un sujet (malade...) ainsi que l'état de sa posture. Notre attention a été particulièrement orientée vers les vulnérabilités d'une telle application où nous avons mis en évidence cet aspect lié à la sécurité.

Table des matières

I. Introduction :	44
II. Présentation de l'application réalisée :	44
III. Gyroscope - ITG-3200 :	45
III.1 Rôle du gyroscope dans notre application :	45
III.2 Description:	45
III.3 Caractéristiques:	46
III.4 Le protocole I ² C :	49
III.4.1 Présentation du bus périphérique à périphérique :	49
III.4.2 Le Bus physique I ² C :	49
III.4.3 Adressage :	50
III.4.4 Horloge de synchronisation de la transmission :	51
III.4.5 signalisation :	52
III.4.6 Interprétation du code Device :	52
IV. Principe de fonctionnement des détecteurs de mouvement et de présence :	55
IV.1 Domaines d'application et fonctions :	56
IV.2 SPÉCIFICATIONS:	57
IV.3 Mode de fonctionnement du PIR avec la carte Imp :	57
V. Alimentation de l'application :	58
VI. Interprétation du code Agent :	60
VII. Conclusion :	62

Table des figures :

Figure IV.1 : Schéma asymptotique de l'application réalisée.....	44
Figure IV.2 : Un gyroscope ITG 3200	46
Figure IV.3 : Circuit électronique du gyroscope.....	47
Figure VI.4 : Emplacement des résistances pull-up.....	48
Figure VI.5 : Convertisseur de tension implémenté au niveau de l'IMP Shield	49
Figure VI.6 : Schéma pour relier une résistance pull-up avec une ligne I ² C	50
Figure VI.7 : Trame I ² C.....	51
Figure VI.8 : Commande pour régler la vitesse de la communication I ² C.....	51
Figure VI.9 : Décaler l'adresse du gyroscope avoir une valeur de 8 bits.....	52
Figure VI.10 : Les pins équipés du protocole I ² C.....	52
Figure VI.11 : Fonction lireReg.....	52
Figure VI.12 : La fonction « valmask » et « lireGyro »	53
Figure VI.13 : Fonction PuissanceWifi	54
Figure VI.14 : PIR Sensor	55
Figure VI.15 : Circuit du détecteur de mouvement	56
Figure VI.16 : Le détecteur de mouvement interfacé avec la carte Imp	57
Figure VI.17 : Association du pir au pin 1 et configuration du réveil	58
Figure VI.18 : Fonction de détection.....	58
Figure VI.19 : Schéma récapitulatif de notre application	59
Figure VI.20 : Fonctions exécutées et envoyées à l'agent.....	60
Figure VI.21 : Envoie des résultats à l'agent.....	60
Figure VI.22 : Réception des données par l'agent.....	61
Figure VI.23 : La fonction calcul() et affichage()	61
Figure VI.24 : Résultats de la requête	62

(s.d.). Récupéré sur Le bus I²C : principes et mise en oeuvre / dominique ; paris 1999

(s.d.). Récupéré sur Robots mobiles intelligents : du capteur au comportement ; yamn leidwanger 2006

(s.d.). Récupéré sur Energie solaire photovoltaïque ; Anne labouret et michel -pierre villoz ; 2005

(s.d.). Récupéré sur www.bou3mama.com

(s.d.). Récupéré sur mémoire de doctorat benadda belkacem

I. Introduction :

Le défi majeur fixé dès le début de notre projet été de pouvoir mettre en œuvre un outil ou un protocole, pouvant être installé dans n'importe quel objet afin d'assurer une interaction et une communication entre des périphériques matériels et d'autres appareils ainsi qu'aux services Internet, tout en misant sur la fiabilité des protocoles de sécurités mis en place afin de garantir un meilleur fonctionnement à l'utilisateur. En effet, dans les chapitres précédents nous avons présenté en détail les phases de conception d'une application IoT à base d'un module Electric IMP. Nous avons pris soin de l'aspect sécurité pour le mode opératoire de notre application en sa globalité. Dans ce qui suit nous allons décrire les avantages et inconvénients des modules Electric Imp vis-à-vis de la sécurité.

II. Sécurité assurée par le Cloud computing :

Le Cloud Computing apporte plus de sécurité. En effet, dû au temps, aux compétences et au budget, les entreprises sont de moins en moins capables d'assurer pleinement la sécurité de leurs propres systèmes d'informations. En revanche, le Cloud Computing garantit cette sécurité en proposant de meilleurs dispositifs et services de sécurités (réplication des données, plan de reprise d'activité, cyber-défense, etc) avec des mises à jour et des audits réguliers. Les modules Electric Imp exploitent pleinement la technologie du Cloud Computing pour leurs fonctionnements.

III. Fonctionnement IoT Electric IMP :

Parmi les quelques modules existants dans le marché, l'Electric Imp est sans doute l'équipement le plus complet jusqu'à présent, offrant un mode de sécurité intégré dans son hardware avec une puce d'authentification Atmel ATSHA204, qui reconnaît et crypte les informations échangées. En plus, le mode d'utilisation de la carte Imp n'est accessible qu'après authentification et accès à la plateforme dédiée à cette carte. En effet, lors de notre travail nous avons été confrontés à deux aspects d'utilisation des modules Electric Imp, où élaborer les programmes de fonctionnement et où nous avons remarqué la difficulté de télécharger le firmware directement. L'autre aspect touche la mise en service qui fait intervenir plusieurs technologies des réseaux internet.

III.1 Mode de développement :

Pour utiliser la carte Imp, il est nécessaire de la configurer avec les informations du réseau Wifi en utilisant un Smartphone, ce processus est appelé le « Blinkup », il assure une configuration aisée du Wifi et donne accès à l'interface de développement.

L'IDE (Integrated Development Environment) d'Electric IMP fournit tous les outils nécessaires pour créer et développer le code qui sera implémenté dans les modules Imp. Il donne également un accès facile aux API, à la documentation du langage Squirrel et à une multitude de conseils et une assistance sur le forum des développeurs d'Imp Electric.

L'IDE offre un espace de travail pour écrire, éditer et exécuter le code déployé sur l'imp-activé et à son agent, il prend en charge plusieurs applications «modèles» dans la terminologie de l'IDE, et d'autres qui sont des projets d'archives conservés pour référence.

L'IDE fonctionne dans le navigateur Web et nécessite une connexion Internet pour récupérer les modèles Cloud d'Electric Imp et pour enregistrer les modifications apportées.

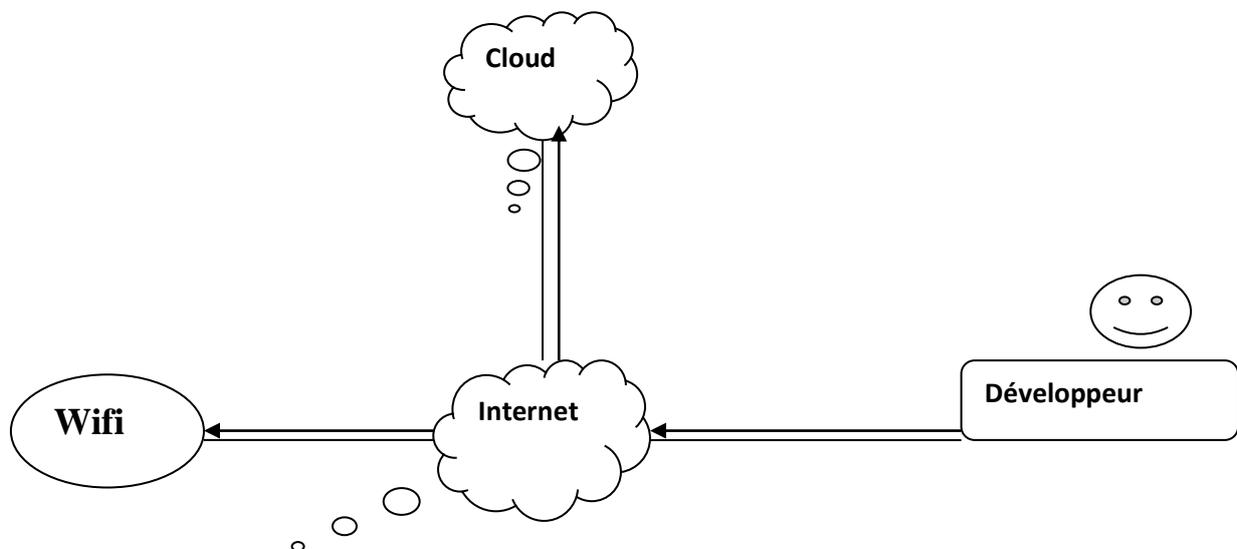


Figure V.1 : mode de fonctionnement

III.2 Mode d'exploitation :

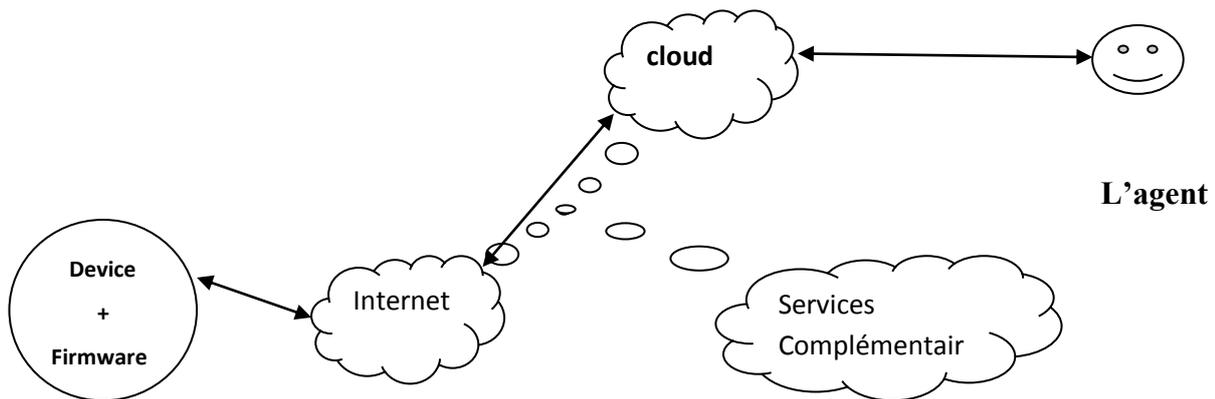


Figure V.2 : Sécurité garantie par le fournisseur

L'electric Imp dispose d'un agent qui assure l'échange et la communication entre le Device et le service Cloud.

Dans sa forme la plus simple, la communication entre l'utilisateur final et son dispositif IMP activé est assurée par l'agent de l'appareil au le biais d'une API RESET que nous avons conçu et mis en œuvre dans notre code d'agent en utilisant le gestionnaire de requêtes HTTP standard.

Cette approche fournit un certain nombre de prestations de sécurité.

1/ Tout d'abord, l'URL de l'agent est fournit à l'application mobile lorsque l'utilisateur final configure son appareil en utilisant le BlinkUp.

L'URL est unique, généré aléatoirement et ne sera jamais réutilisée, cette dernière ne peut être considérée comme secrète.

2/ D'autre part, les opérations prévues par l'API ne sont connus que par les développeurs et l'agent.

3/ Enfin, toutes les communications entre les applications et les périphériques de l'agent vont transiter via un HTTPS sécurisé avec un chiffrement complet.

Synthèse sur l'aspect sécurité

Ce niveau de sécurité est suffisant pour la plupart des applications. Cependant, certains développeurs et fabricants peuvent exiger d'autres niveaux de sécurité.

Un autre aspect de sécurité pourra être ajouté et utilisé pour autoriser ou rejeter les tentatives d'accès à l'API de notre agent, même si la demande est faite avec un agent URL valide.

Cela permet également de faire un contrôle simple pour détecter si le système a été compromis et de faire en sorte pour que chaque agent puisse nous avertir s'il a reçu une tentative d'accès non autorisée. Dans de telles circonstances, la confidentialité partagée peut être remise à zéro et l'utilisateur final est invité à reconfigurer ses appareils en utilisant le Blink-Up pour acquérir de nouvelles URL de l'agent.

Voici les cinq méthodes pour atteindre cette approche de confidentialité afin de sécuriser encore plus l'API hébergée.

La première méthode est celle qui est recommandée et c'est la plus complexe. Lorsqu'un périphérique est configuré avec le BLINK-Up par un utilisateur final, l'application mobile va effectuer la configuration et générer un nouveau UUID (Universal Unique Identifier) qui permet d'identifier de façon unique une information et cela en utilisant les API OS mobiles originaires.

Il est ensuite envoyé à l'agent, qui le stocke pour une utilisation future. À partir de ce moment-là, quand une commande est envoyée de l'application à l'agent, éventuellement via notre serveur, elle est accompagnée d'un HMAC (hash message authentication code) utilisé pour vérifier simultanément l'intégrité des données et l'authenticité d'un message.

À la réception d'un appel d'API entrant, l'agent vérifie que d'abord, la demande contient un HMAC et deuxièmement, qu'il correspond au hachage généré par l'agent. Si c'est le cas, la demande est considérée comme authentique et la commande contenue dans la requête peut être exécutée.

Si la demande ne contient pas de HMAC ou sa valeur ne correspond pas à la clé locale hachée, la demande est rejetée.

Toutes ces méthodes sont également applicables aux architectures dans lesquelles l'application mobile ne communique pas directement avec l'agent, mais peut communiquer par l'intermédiaire de notre propre infrastructure de serveur. Une telle approche permet

Synthèse sur l'aspect sécurité

d'intégrer les communications app-agent dans notre système de gestion de compte d'utilisateur et par exemple, conserver les données d'état du produit pratique si un utilisateur final donné est susceptible d'exécuter plusieurs instances de l'application afin de contrôler un seul produit ou un ensemble de produits.

Toutes les techniques suivantes sont limitées aux appels d'API, aux agents de serveurs et aux applications mobiles et ne sont pas des mesures de sécurité efficaces pour l'utilisation par un navigateur Web. Différentes techniques, comme le nom d'utilisateur « login » et l'authentification de session, doivent être considérés comme des interfaces basées sur le Web. Des alternatives telles que l'authentification OAuth tiers sont particulièrement efficaces si la base d'utilisateurs chevauche ceux des services tels que Google, Facebook ou Twitter.

IV. conclusion :

Malgré a multitude de fonctionnalités sécurisé qu'offre la carte Imp, cette technologie reste tout de même incomplète et devra perfectionner certains de ses aspects. On peut citer à titre d'exemple la difficulté de réaliser le BLINK-Up qui nécessite plusieurs tentatives pour programmer l'Imp avec les informations du réseau Wifi.

Sommaire

I.	Introduction :	64
II.	Sécurité assurée par le Cloud computing :	64
III.	Fonctionnement IoT Electric IMP :	64
III.1	Mode de développement :	65
III.2	Mode d'exploitation :	66
IV.	conclusion :	68

Conclusion générale

Notre projet a été réalisé dans le cadre de la technologie des objets connectés, cette technologie offre à l'être humain un confort supplémentaire qui facilite sa vie quotidienne plus que jamais, et cela grâce à une multitude d'applications et de protocoles de communications basés sur internet. Cette technologie qui fait ses premiers pas, a bien marqué sa présence dans une multitude d'applications liées au bien être, au sport, à la surveillance et à la gestion du trafic routier...

Electric Imp est un exemple d'objet connecté doté d'un module wifi, qui permet d'interfacer différents capteurs d'une manière souple avec un principe de sécurité fiable, profitant de la technologie du Cloud pour plus de confidentialité.

Dans notre projet nous avons également utilisé le module Imp pour interfacer deux capteurs : le calculateur d'orientation (Gyroscope) et le détecteur du mouvement (PIR). L'objet ainsi créé, a pour but de récupérer des informations jugées intéressantes comme la position actuelle de n'importe quel objet ainsi que la détection des différents mouvements.

De ce fait on peut exploiter notre objet réalisé dans différentes applications liées au domaine du Health-care où nous pourrions superviser l'état et l'évolution d'un sujet (malade, personne âgée ou enfant...). Nous avons pu surmonter les problèmes liés à l'alimentation électrique du circuit en proposant un circuit à base de batteries et cellules solaires.

Cette étude nous a permis de nous imprégner de l'aspect lié à la sécurité de la technologie des objets connectés, spécialement celui employé par les modules Electric Imp, notamment les points sensibles qui peuvent poser des problèmes aux différentes technologies basées sur l'internet, comme les failles des protocoles de communications, et surtout l'aspect programmation des objets connectés.

On peut considérer que les IoT liés au système du Cloud Computing constituent une révolution dans la technologie Internet. Cette nouvelle technique simple et révolutionnaire devra être appliquée dans de multiples domaines touchant la vie des individus afin d'améliorer leurs bien être.

Bibliographie:

- [1] Rahim Tafazolli, "TECHNOLOGIES FOR THE WIRELESS FUTURE", John Wiley & Sons, 2006.
- [2] Vern A. Dubendorf, "Wireless Data technologies", John Wiley & Sons, 2003.
- [3] Bo Karlson, "Wireless Foresight: Scenarios of the Mobile World in 2015", John Wiley & Sons, 2003.
- [4] Michael Luck, Peter Mcburney, Chris Preist, "A MANIFESTO FOR AGENT TECHNOLOGY: TOWARDS NEXT GENERATION COMPUTING", Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Vol.9, pp.203-252, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [5] Thomas A. Wagner, "AN APPLICATION SCIENCE FOR MULTI-AGENT SYSTEMS", Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [6] Micheal j.McGrath et Clíodhna Ni Scanaill , sensor technologies :health care : wirless and environmental aplications ,Apress open, 336 Pages 26 Décembre 2013
- [7] Guillaume Plouin , "Cloud Computings sécurité : stratégie d'entreprise et panorama du marché", Dunod - 274 pages , 3e édition, 5 juin 2013
- [8] Sylvain Caicoya, "Cloud Computing :Le Guide Complet" MA Editions - 271 pages, 1re édition, 24 août 2011
- [9] The Squirrel programming language", sourceforge.net. publié le 25 September 2011.
- [10] Alberto Demichelis, "Squirrel 2.2 Reference Manual: version 2.2.5 stable " la revue : Wouter Van Oortmersern, 2003
- [11] Lady ada, Datasheet pir sensor v1.2, 02/2007
- [12] Datasheet Gyroscope, ITG-3200 Product Specification Revision 1.4, InvenSense Inc 03/30/2010
- [13] Guido Noto La Diega, L'Internet des Objets, Londres, 17-2-2015
- [14] Formation Internet Of Everythings, <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/IOE11/FR/index.html#1.1.2.3>
- [15] <https://electricimp.com/docs/api/>

- [16] ITG-3200 Hookup Guide, JOEL_E_B, https://learn.sparkfun.com/tutorials/itg-3200-hookup-guide?_ga=1.30991167.1485853553.1460636390
- [17] contribution de SHAWNHYMEL et JIMBO, Electric Imp Breakout Hookup Guide, https://learn.sparkfun.com/tutorials/electric-imp-breakout-hookup-guide?_ga=1.71969683.1485853553.1460636390
- [18] Instituts carnot , Le livre blanc : Objets communicants et Internet des objets, Réseau des instituts carnot 21-06-2011.
- [19] Laurence Allard et Olivier Blondeau, Un Internet des Objets citoyen : vers une intelligence collective environnementale, <http://www.citoyenscapteurs.net/>, 9 avril 2013
- [20] Paret et Dominique, " Le bus I²C : principes et mise en œuvre", Paris : Dunod, 2e édition 1999
- [21] Yann leidwanger, Robots mobiles intelligents : du capteur au comportement, ETSF (13 février 2006)
- [22] Anne labouret et michel villosz , "Énergie solaire photovoltaïque", Dunod et le Moniteur, 08/06/2006 (3e édition).

Résumé :

L'extension de l'internet touche actuellement différentes entités du monde physique. La démocratisation de cette technologie dite « *l'internet des objets* » fait ressurgir beaucoup de problèmes associés à la sécurité des données transmises. Utiliser un module de transmission sécurisé est l'une des solutions qui s'adapte au modèle internet des objets. Ce projet vise l'étude et la mise en œuvre d'une solution wifi sécurisée à exploiter dans le cadre de l'internet des objets. Une étude de cas, basée sur l'exploitation d'un module Wifi du type Electric Imp est proposée.

Abstract :

The extension of the internet currently affects different entities of our daily life. The globalization of this technology called "Internet of Things" brings back a lot of problems associated with the security of transmitted data. As a consequence, the use of a secure transmission module is compulsory to safe guard what must be saved. This project involves the study and implementation of a secure wireless solution to operate as a part of the Internet of things. The given case study based on the exploitation on a type of WiFi module called Electric Imp.

ملخص:

يؤثر انتشار الإنترنت حالياً على عدة مجالات من العالم المادي. ظهور ما يسمى بتقنية "إنترنت الأشياء" يثير الكثير من المشاكل المرتبطة بأمن البيانات المرسلّة. استخدام وحدة نقل آمنة هو حل يلائم تقنية إنترنت الأشياء. ويشمل هذا المشروع دراسة وتجسيد حل لاسلكي آمن للعمل كجزء من إنترنت الأشياء. نقترح دراسة حالة، باستغلال شريحة إنترنت الأشياء من نوع واي فاي.