

Titre: Système de produits et services basés sur l'internet des objets :
Title: conception et implantation pilote dans une station-service

Auteur: Rafael Marques
Author:

Date: 2018

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Marques, R. (2018). Système de produits et services basés sur l'internet des objets : conception et implantation pilote dans une station-service [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/3196/>

Document en libre accès dans PolyPublie

Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/3196/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Fabiano Armellini
Advisors:

Programme: Maîtrise recherche en génie industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

SYSTÈME DE PRODUITS ET SERVICES BASÉS SUR L'INTERNET DES OBJETS :
CONCEPTION ET IMPLANTATION PILOTE DANS UNE STATION-SERVICE

RAFAEL MARQUES

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)

JUILLET 2018

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

SYSTÈME DE PRODUITS ET SERVICES BASÉS SUR L'INTERNET DES OBJETS :
CONCEPTION ET IMPLANTATION PILOTE DANS UNE STATION-SERVICE

présenté par : MARQUES Rafael

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. DANJOU Christophe, Doctorat, président

M. ARMELLINI Fabiano, D. Sc. membre et directeur de recherche

M. BENDAVID Ygal, Ph. D. membre

DÉDICACE

À Valquiria,

REMERCIEMENTS

Premièrement à Dieu.» Fortifiez-vous et ayez du courage ! Ne craignez pas et ne soyez pas effrayés devant eux ; car l'éternel, ton Dieu, marchera lui-même avec toi, il ne te délaissera pas, il ne t'abandonnera pas. » Deutéronome 31:6-8

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire Monsieur Fabiano Armellini. Je le remercie de m'avoir encadré, dirigé, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie très spécialement Gervais Lavoie, Lily et toute l'équipe de Gas Legends Inc. pour leur amitié, leur soutien et leur encouragement. « Il y a des anges qui apparaissent dans nos vies, qui n'ont pas d'ailes, mais qui nous conduisent à de beaux vols ».

Je remercie mes très chers parents, Fernando et Martha, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de vie et de persévérance. Je suis redétable d'une éducation dont je suis fier ».

Je remercie ma sœur Livia pour son encouragement, amitié et confiance, à qui je dois mon respect et ma gratitude.

Enfin, je remercie à mon adorable épouse Karla et mes jolies princesses Melissa et Lis, pour leur soutien quotidien indéfectible, leur affection et leur patience dans les moments plus difficiles de cette aventure en famille.

RÉSUMÉ

La détection omniprésente activée par les technologies du réseau sans fil traverse de nombreux domaines de la vie moderne. Cela offre la possibilité de mesurer, déduire et comprendre les indicateurs environnementaux et des ressources naturelles aux environnements urbains. Dans le moment émergent de l'Internet des objets (IoT), les différents dispositifs intelligents distribués sur la planète nous donnent la possibilité d'assembler, analyser et communiquer les informations du marché en temps réel et prendre les décisions en conséquence.

Les entreprises tentent de se différencier des concurrents par une offre combinée de produits et de services. Dans de nombreux cas, l'offre de service peut être étendue si l'entreprise est en mesure de surveiller et de collecter des données à partir de son comportement. Dans un contexte de convergence entre internet des objets et les systèmes de produits et Services (PSS), le but de ce travail est de présenter un moyen d'intégrer les deux concepts, implémenter et analyser les résultats d'un modèle expérimental de l'internet des objets dans une station de service en considérant le modèle d'affaires et les améliorations du service offert.

La méthode proposée se concentre sur le processus de sélection, implémentation et analyse d'un système IoT. On a d'abord sélectionné la technologie Bluetooth pour capter les données émises par les dispositifs portés par les utilisateurs. Les capteurs ont été distribués en quatre sections dans le magasin de la station-service afin de maximiser la captation des données. Ces données ont été comparées aux données du système de gestion de l'entreprise afin de vérifier l'efficacité du système. Les résultats des simulations montrent la bonne performance du système proposé pour la mesure de l'audience et mettent particulièrement en évidence l'importance du design des systèmes dans l'adoption des nouvelles technologies.

L'avancement de la technologie et l'agrégation des nouvelles connaissances pourra conséquemment générer des systèmes de gestion IoT de confiance qui permettront aux applications de l'IoT de fonctionner sur tous les types de périphériques, et de gérer de grands volumes, topologies complexes et installations hétérogènes de tels dispositifs mobiles. L'absence de tels outils à l'heure actuelle reflète la fragmentation du marché de l'IoT, ainsi que les limites techniques des appareils.

ABSTRACT

The ubiquitous detection activated by wireless network technologies crosses many areas of modern life. This provides the opportunity to measure, derive and understand environmental and natural resource indicators from urban environments. In the emerging moment of the Internet of Things (IoT), the various smart devices distributed on the planet, give us the ability to assemble, analyze and communicate market information in real time and make decisions accordingly.

Companies try to differentiate themselves from competitors through a combined offer of products and services. In many cases, the service offer can be extended if the company is able to monitor and collect data based on its behaviour. In a context of convergence between the Internet of Things (IoT) and the Product-Service Systems (PSS), the goal of this work is to present a way to integrate the two concepts, implement and analyze the results of an experimental model of the internet of things in a gas station by considering the business model and the improvements of the service offered.

The proposed method focuses on the process of selecting, implementing and analyzing an IoT system. We first selected Bluetooth technology to capture data from user's devices. The sensors were distributed in four sections in the gas station convenience store to maximize data capture. This data was compared with the data from the enterprise management system to verify the effectiveness of the system. The results from the simulations show a good performance of the proposed system for audience measurement and highlight the importance of system design for the adoption of new technologies.

The advancement of technology and the aggregation of new knowledge can consequently generate trusted IoT management systems that will allow an IoT application to work on all types of peripherals, and to manage large volumes, complex topologies and heterogeneous installations of such mobile devices. The current lack of such tools reflects the immaturity and fragmentation of the IoT market, as well as the technical limitations of the devices.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VI
TABLE DES MATIÈRES	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES FIGURES	XI
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XIII
LISTE DES ANNEXES	XV
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Objectifs	3
1.2.1 Objectif général.....	3
1.2.2 Objectifs spécifiques.	3
1.3 Justification	4
CHAPITRE 2 REVUE DE LITERATURE.....	6
2.1 Internet des objets.....	6
2.1.1 Qu'est-ce que c'est l'IoT ?	6
2.1.2 Histoire de l'IoT	7
2.1.3 La technologie et standards.	8
2.1.4 Les « couches » de l'IoT.....	16
2.2 Génie des systèmes.....	23
2.2.1 Qu'est-ce que le génie des systèmes ?	23

2.2.2	Systèmes des systèmes	25
2.2.3	Systèmes des produits-services.	26
2.2.4	Gestion des systèmes de services.....	27
2.2.5	Le design des systèmes de services.....	28
2.3	Systèmes des produits-services basés sur l'IoT.	30
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE		34
3.1	Méthodes de développement du système.	34
3.1.1	Définition du niveau d'analyse du système.....	36
3.1.2	Outils de mesure et contrôle du système.....	37
CHAPITRE 4 CAS D'ÉTUDES.....		38
4.1	Sélection et recherche de la technologie IoT	38
4.2	Sélection de la station pilote et analyse démographique de la région	40
4.2.1	Analyse démographique	40
4.2.2	Profil de ventes de la station pilote	41
4.3	Architecture et design du système.....	45
4.4	Implémentation du système PSS/IoT appliquée	48
4.4.1	Niveau 1 : Dispositifs physiques et contrôleurs	48
4.4.2	Niveau 2 : Connectivité.....	48
4.4.3	Niveau 3 : Traduction (Computation de Borde).....	49
4.4.4	Niveau 4 et 5 : Accumulation et abstraction des données.....	51
4.4.5	Niveau 6 et 7 : Application, collaboration et processus	53
4.5	Tests et analyses	54
4.6	Améliorations et Actualisations	54
CHAPITRE 5 RÉSULTATS		56

5.1	Activité du système versus Activité réelle	56
5.1.1	Activité du système IoT	56
5.1.2	Activité réel (Nombre de ventes)	57
5.1.3	Validation de l'audience.....	57
5.2	Ventes horaire vs taux d'activité horaire captée.	58
5.2.1	Ventes par heure.....	59
5.2.2	ctivité capté 24 heures (Audience)	61
5.2.3	Validation de l'audience par heure.....	62
5.3	Durée réelle versus durée captée.	62
5.3.1	Durée moyenne réelle.....	63
5.3.2	Durée captée.....	63
5.3.3	Validation de la durée captée.	64
5.4	Validation du RSSI capté.	65
5.5	Influence du prix de l'essence dans le taux d'activité.....	66
CHAPITRE 6	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	69
6.1	Synthèse des travaux	69
6.2	Limitants du projet	70
6.3	Achèvement des objectifs de recherche	71
6.4	Suggestions pour le futur.....	72
BIBLIOGRAPHIE		73
ANNEXES		80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 : Démographie de Laval	41
Tableau 4.2 : Ventes Station 12339 (Source : Gas Legends Québec inc.).....	42
Tableau 5.1 : Ventes par jour exclus les combustibles (Source : Gas Legends Québec Co.).....	57
Tableau 5.2 : Ventes par heures inclus les combustibles (Source : Gas Legends Québec Co.)....	60
Tableau 5.3 : Taux de visites par heure (Source : Google Analytics.).....	61
Tableau 5.4 : Moyennes des durées des visites chronométrées.	63
Tableau 5.5 : Moyennes des durées des visites captées (Source : Google Analytics)	63
Tableau 5.6 : Prix d'essence (Source : Gas Legends Québec Co.)	67
Tableau B.1 : Pics d'audience.....	81

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Le Model de référence de L’IoT (CISCO, 2014)	18
Figure 3.1 : Modèle de processus de méthodologie Design Science (DSRM) — (Peffers, Tuunanen, Rothenberger, et Chatterjee, 2007)	35
Figure 4.1 : La technologie appliquée et les niveaux de la IoT, inspiré de Jameel and Dungen (2015) et de CISCO (2014)	39
Figure 4.2 : Site 12339 - 1914, Boulevard des Laurentides. (Source : Google Maps)	40
Figure 4.3 : Site 12339 — Vue de l’ensemble.	43
Figure 4.4 : Site 12339 — Distribution de catégories des produits dans le dépanneur.	44
Figure 4.5 : Site 12339 — Distribution de sections dans le dépanneur.	46
Figure 4.6 : Site 12339 — Installation des capteurs.	47
Figure 4.7 : Time-Stamp	49
Figure 4.8 : (Radio decoding)	50
Figure 4.9 : Identifier	50
Figure 4.10 : Configuration du capteur dans la plateforme.....	51
Figure 4.11 : Configuration de la plateforme Pareto.....	51
Figure 4.12 : Exemple Google Analytics	52
Figure 4.13 : Event log – Accumulation et abstraction des données	53
Figure 5.1 : Données de l’audience.....	56
Figure 5.2 : Ventes x Captation (Résultat de la captation vs Ventes totales)	58
Figure 5.3 : Enquête de quart	59
Figure 5.4 : Ventes 24 heures vs Audience 24 heures. (Inspiré en Gas Legends et Google Analytics)	62
Figure 5.5 : Temps de visite chronométré vs Temps de visite capté	64

Figure 5.6 : Ventes x Captation (Inspiré en Gas Legends et Google Analytics)	68
Figure A.1: VPD (Value Proposition Design).....	80

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AdvLib	Wireless advertising packet decoding library
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
B2B	Business to Business
B2B2C	Business to Business to Consumer
B2C	Business to Consumer
BI	Business Intelligence
BLE	Bluetooth Low Energy
DARPA	The Defense Advanced Research Projects Agency
DSRM	Design Science Research Methodology
ERP	Enterprise Resource Planning
GPS	Global Positioning System
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Things (Internet des Objets)
ISO	International Organization for Standardization
M2M	Machine to machine
NFC	Near Field Communication
PSS	Product-Service System
RFID	Radio frequency identification
RSSI	Received Signal Strength Indicator
SoS	Systems of Systems
TIRAI	Timestamp, Radio decoding and Identifier
UTC	Universal Time Coordinated
WI-FI	Wireless local area networking (IEEE 802.11)

WSN Wireless Sensors Network

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A – VPD (VALUE PROPOSITION DESIGN).....	80
ANNEXE B — PICS D'AUDIENCE.....	81

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

1.1 Motivation

Ajouter de la valeur à l'entreprise, c'est ce que les entreprises du monde entier recherchent, par le biais de l'augmentation de l'efficace et la qualité de leurs services et produits. La tendance englobe presque toutes les industries, les décisions d'affaires sont prises à partir de la perception du marché par les entreprises et comment elles devraient utiliser cette information pour améliorer leurs limites concurrentielles.

Aujourd'hui les technologies comme l'internet des objets et l'intelligence artificielle avancent de plus en plus et arrivent au point de mener une nouvelle vague révolutionnaire d'interaction entre l'environnement, les machines et les personnes. À Montréal, de projets technologiques se déroulent à toute vitesse et les sociétés canadiennes doivent accompagner cette vague pour continuer à rester compétitives dans un marché très agressif.

Une révolution est en cours avec la croissance de l'Internet des objets (Internet of things - IoT). Premièrement, elle a un énorme impact sur le monde que nous connaissons. L'IoT implique des dispositifs, des systèmes et des services interconnectés qui reposent sur la communication autonome des objets physiques dans l'infrastructure internet existante. Comme exemple, Atzori, Iera et al., 2010 apportent un concept novateur, car ils font une veille sur le paradigme prometteur de l'intégration de diverses technologies et solutions de communication comme les technologies d'identification et de suivi, les réseaux de capteurs et les actionneurs filaires et sans-fil, les protocoles de communication améliorés et l'intelligence distribuée pour les objets intelligents. Ce concept rend les systèmes plus intelligents et connectés (Nguyen et Cremer, 2016). Les applications IoT comme le « Big data » et « Cloud computing », les « wearables » et l'industrie 4.0 » couvrent plusieurs domaines, tels que les maisons, bureaux et villes intelligentes. (Chuah et al., 2016). L'IoT offre de grands avantages pour de nombreuses industries et à la société dans son ensemble (Bi, Xu, et Wang, 2014), avec des applications telles que les implants de surveillance cardiaque, les voitures avec des capteurs intégrés, transpondeurs biopuce chez les animaux de la ferme, les dispositifs de sauvetage, des systèmes intelligents de thermostats et une laveuse/sécheuse qui utilisent une connexion Wi-Fi pour la surveillance à distance (Kortuem et al, 2009 ; Porter et Heppelmann, 2014). De nombreux systèmes et technologies IoT sont tout

nouveaux et il est prévu que l'IoT amène l'amélioration dans presque tous les domaines (par exemple, Dholakia et Reyes, 2013). Selon Gartner (2015), il y aura environ 20 milliards d'appareils connectés d'ici 2020.

L'amélioration des services par les biais par l'IoT est un domaine nouveau, cependant il est très riche en recherche et développement, le marché industriel est à toute vitesse.

Les organisations comme Apple en 2017, ont restructuré la relation avec son agence de publicité TBWA\Media Arts Lab afin de se concentrer davantage sur le contenu local et numérique au Carnaval de Rio. Cependant, parallèles peuvent être établis entre la commercialisation des produits et services IoT et les nouveaux produits technologiques qui les précédent, tels que les ordinateurs personnels et les téléphones intelligents. La prémissse pour dessiner un tel parallèle trouve son origine dans les similitudes inhérentes des produits et des clients auxquels ils servent. D'abord, les produits IoT sont de haute technologie, ce qui est également le cas de nouveaux produits technologiques. En second lieu, l'IoT comporte un élément d'innovation disruptive (Ma et Zhang, 2011), de même, les téléphones intelligents ont impacté dans les communications (Conole et al., 2008), les produits IoT sont prêts à impacter des nombreuses industries. Une étude de Bohli et al., (2010) a montré que les consommateurs de produits IoT ont un comportement similaire à ceux des produits tels que les ordinateurs et les téléphones intelligents en termes de volonté de payer, la loyauté et l'acceptation de technologie. Il s'agit d'un comportement typique des « early adopters » (Dedehayiret al., 2017).

O'Connor et Veryzer (2001) ont confirmé que lier les opportunités de marché aux nouvelles technologies c'est un élément essentiel dans une commercialisation bien réussie. Ils ont également constaté que, une fois identifiées, ces possibilités doivent être prises en charge par les gestionnaires et les techniciens des organisations pour que la technologie présente un design commercialement viable.

Dans ce contexte, on a vu l'opportunité d'analyser le déploiement d'un système IoT particulièrement de la technologie Bluetooth pour capter le contenu local et numérique d'une station-service, pour cela, on a utilisé l'approche du type Design Science. Le Design Science cherche à étendre les limites des capacités humaines et organisationnelles en créant de nouveaux artefacts innovants (Hevneret al., 2004).

Les principes du Design Science abordent explicitement les problèmes en fournissant une « systématisation des connaissances » et en décrivant les constituants d'un phénomène. Par conséquent, les principes de conception aident les praticiens à développer des solutions appropriées. D'un point de vue académique, les principes de conception sont la base de la théorie du design. (Hermann et al., 2016). De cette façon, on peut chercher à comprendre comment un nouveau système technologique peut contribuer et améliorer le secteur de services au détail.

Ce projet a été développé en partenariat avec l'entreprise Gas Legends Québec Inc., ce dernier étant gestionnaire et propriétaire de la station pilote. Cet organisme est une société franchisée à une bannière de pétrole avec 12 stations de service. En tant que partenaire dans ce projet de recherche, le rôle de Gas Legends était de conseiller l'équipe de recherche, offrir des instructions globales sur le projet, ainsi que d'établir une relation de confiance et faciliter la communication entre l'équipe de recherche et l'entreprise pétrolière propriétaire de la bannière (marque) avec un réseau de plus que de 1 500 établissements de vente en gros et de détail dans tout le Canada. De plus, Gas Legends Québec Inc. a fourni des conseils pratiques qui ont aidé l'équipe de recherche à procéder avec les premières étapes de la recherche.

1.2 Objectifs

1.2.1 Objectif général.

L'objectif général de ce projet de recherche est de déployer un système IoT dans un contexte réel d'utilisation, afin d'analyser le potentiel de l'internet des objets (IoT) comme outil d'aide aux décisions stratégiques pour le secteur de services aux consommateurs (B2C), plus particulièrement pour le cas des stations-service.

1.2.2 Objectifs spécifiques.

Pour atteindre l'objectif général énoncé dans la session 1.2.1, les étapes (sous-objectifs) du projet sont les suivantes :

- a) Faire la revue des technologies comprises dans le concept de l'IoT, pour bien les définir et classer, dans le but de mieux saisir les possibilités desdites technologies avec les systèmes de produits et services (PSS). À cet effet, une revue du concept de génie de systèmes devient également importante.

- b) Analyser et identifier les opportunités, attentes et besoins de l'entreprise partenaire pour laquelle le système est conçu en ce qui est du support à la prise de décision.
- c) Explorer les technologies existantes afin de déterminer celles qui mieux s'adaptent aux besoins de la compagnie.
- d) Tout en appliquant la technologie choisie dans l'item précédent, proposer une solution concrète pour l'utilisation de l'IoT, visant l'intégration du système de produits et service présents dans l'entreprise partenaire.
- e) Mettre en place le projet expérimental de la proposition (implantation pilote) dans une station-service modèle à Laval/QC ;
- f) Procéder à l'opération, analyse et révision critique du projet pilote.

1.3 Justification

Pour ce qui est de cette étude, notre vision de l'internet des objets dans des environnements intelligents, c'est l'interconnexion des dispositifs de détection et d'actionnement qui offrent la possibilité de partager des informations sur l'environnement d'affaire dans un cadre unifié, le développement d'une image opérationnelle commune permettant l'élaboration de stratégies innovantes. Ceci est réalisé avec une parfaite détection omniprésente, l'analyse des données et la représentation des informations avec le « cloud computing » comme cadre unificateur (Gubbi et al., 2013).

L'intégration de tous les niveaux et la participation des clients dans la stratégie entrepreneuriale est maintenant possible grâce à des moyens intégrés d'identification dans les appareils électroniques et les téléphones mobiles. Tout comme l'intégration des téléphones intelligents sur internet a été améliorée au cours des dernières années seront intégrés dans les produits et services afin de faciliter et de simplifier l'interaction des clients avec les entreprises.

L'émergence récente de situations quotidiennes où les systèmes IoT indépendants et complémentaires coexistent, amène à des grandes opportunités pour la compréhension mutuelle du monde réel à l'échelle humaine. À titre d'exemple, Dungen et Pinazo Neto (2017) présentent un mécanisme de découverte mutuelle entre les systèmes de RFID actifs et passifs. Les intérêts commerciaux et universitaires sont libres et encouragés à avoir des partenariats en combinant des

logiciels libres avec les méthodes définies pour développer et améliorer le concept, avec la prolifération des technologies IoT.

Ce travail peut être une autre étape vers l'ouverture de discussions et des débats supplémentaires. Nous allons traiter en particulier des processus théoriques de la conception des systèmes IoT, aspects méthodologiques et managériaux, tout en donnant un aperçu de l'IoT dans le processus décisatoire. On essaie également d'expliquer plus largement certaines questions (Nguyen et Simkin, 2017) sur les systèmes IoT avec des travaux empiriques, comportementaux et analytiques. Ces questions prennent en compte facteurs qui sont fondamentaux pour la stratégie entrepreneuriale dans le contexte de l'IoT.

Ce mémoire porte sur l'application d'une méthode proposée pour l'adoption d'un système de services soutenu par l'IoT dans une situation réelle dans l'industrie des stations-service. Le plan de recherche est divisé en cinq étapes : premièrement, une revue de la littérature pour établir le contexte théorique de ce travail (Chapitre 2) ; deuxièmement, le développement de la méthode proposée (Chapitre 3) ; troisièmement, l'application et l'évaluation de la méthode dans la situation réelle (Chapitre 4) ; quatrièmement, la présentation des résultats obtenus (Chapitre 5) et, finalement, les conclusions et recommandations pour de travaux futurs (Chapitre 6).

CHAPITRE 2 REVUE DE LITERATURE

2.1 Internet des objets

Actuellement, de nombreux chercheurs étudient l'IoT. Le concept de base de l'IoT (« Internet of things ») ressort que différentes choses ou objets sont interconnectés entre eux afin d'atteindre un objectif commun (Atzori et al., 2010).

2.1.1 Qu'est-ce que c'est l'IoT ?

L'Internet des objets (IoT) est un système interdépendant de dispositifs mécaniques et numériques, d'objets, d'animaux ou de personnes, dotés d'identifiants uniques permettant de transférer des données sur un réseau sans avoir besoin d'interactions humain-humain ou humain-ordinateur (Atzori et al., 2010).

L'environnement IoT permet aux utilisateurs de gérer et d'optimiser les équipements électroniques et électriques via Internet. (Atzori et al., 2010). La plupart des interactions sont entre les ordinateurs et autres équipements électroniques qui se connectent les uns aux autres et échangent des informations entre eux. Cela fait aussi augmenter considérablement le nombre « d'objets » par rapport au nombre d'utilisateurs actifs sur Internet (Gubbi et al., 2013).

Dans cet environnement, nous sommes des générateurs infiniment petits et des récepteurs de trafic sur Internet, car la plupart des interactions sont entre les « objets ». L'un des défis majeurs de l'IoT est de combler le fossé entre le monde physique et le monde de l'information (Sureshet al., 2014). Un capteur ou « beacon » est capable de réaliser cette tâche avec une précision raisonnable (Conner, 2010). Les capteurs servent d'interface entre les utilisateurs et les équipements. Ils recueillent des données physiques brutes en temps réel et convertissent ces données dans un format compréhensible pour la machine, de sorte qu'elles soient facilement échangées entre les divers équipements numériques.

L'IoT offre une vision plus large et permet à tous d'accéder à des informations riches sur des objets et des lieux et de les partager en temps réel. Le succès des réseaux sociaux pour partager des expériences et des idées personnalisées montre également un grand potentiel d'intégration avec les applications centrées sur les entreprises. L'intégration et l'interopérabilité avec les principales plateformes logicielles d'entreprise peuvent être agrandies et améliorées par l'analyse

en temps réel, la veille commerciale et les services autonomes (Marques et Armellini, 2017). Le partage de l'information peut être récompensé par des incitations, en passant de l'expérience Internet à une infrastructure génératrice de revenus pour permettre d'échanger des informations enrichies et d'accélérer l'innovation commerciale (Uckelman et al., 2011).

2.1.2 Histoire de l'IoT

L'internet des objets n'existe pas depuis longtemps. Cependant, il existe des rapports de machines communiquant entre elles depuis la fin des années 1600 (Flichy, 1995). Les machines fournissent des communications directes puisque le télégraphe (le premier téléphone fixe) a été développé dans les années 1830 et 1840 (Mueller, 1993). Décrit comme « télégraphie sans fil », la première transmission vocale radio a eu lieu le 3 juin 1900, fournissant un autre élément nécessaire au développement de l'internet des objets. Le développement informatique a commencé dans les années 1950. L'internet, lui-même une composante importante de l'IoT, a débuté dans le cadre de la DARPA en 1962 et a évolué en ARPANET en 1969. Dans les années 1980, des services commerciaux ont commencé à soutenir l'utilisation publique d'ARPANET, permettant l'évolution de notre Internet moderne (Foote, 2016).

Le concept de contrôle à distance des équipements électriques et électroniques « objets » est bien connu depuis le début des années 1990, quand John Romkey a créé le premier appareil avec Internet : un grille-pain qu'il pouvait allumer et éteindre via Internet. Le terme « internet of things » a d'abord été proclamé par Kevin Ashton dans une présentation qu'il a faite chez Procter et Gamble (P&G), en 1999, reliant la nouvelle idée de la RFID (Radio Frequency Identification) à la chaîne d'approvisionnement de l'entreprise (Ashton, 2009). Le terme « objets » fait référence à tout ce qui nous entoure, d'un petit atome à un gros navire (Suresh et al., 2014).

L'IoT est devenu un système utilisant diverses technologies, allant de l'Internet à la communication sans fil des systèmes micro-électromécaniques, jusqu'aux systèmes embarqués. Les domaines traditionnels de l'automatisation (y compris l'automatisation de bâtiments et de maisons), les réseaux de capteurs sans fil, les GPS, les systèmes de contrôle et autres supportent tous l'IoT(Foote, 2016).

2.1.3 La technologie et standards.

Divers types de choses ou d'objets peuvent être interconnectés grâce à l'utilisation de technologies de communication sans fil telle que l'identification par radiofréquence (RFID) (Atzori et al., 2011). Par exemple, dans le domaine de la logistique, de chercheurs ont examiné la réduction de la logistique à travers l'achat de matériaux, le transport et le stockage en utilisant IoT (Bendavid et Boeck, 2011). Le comportement humain est aujourd'hui également considéré comme une méthode efficace pour l'analyse des informations personnelles telles que les activités sociales ou historiques sur le web en utilisant des dispositifs intelligents pour l'amélioration des services et produits (Welbourne et al., 2009).

Comme identifié par Atzori et al., (2010), l'IoT peut être réalisé en trois paradigmes : orienté vers internet (middleware), orienté vers les objets (capteurs) et orienté vers la sémantique (apprentissage). Bien que ce type de conception soit nécessaire en raison de la nature interdisciplinaire du sujet, l'utilité de l'IoT ne peut être déclenchée que dans un domaine d'application où les trois paradigmes se recoupent. Le groupe RFID définit l'IoT comme « le réseau mondial d'objets interconnectés d'adresse unique, basé sur des protocoles de communication standard ». Selon le cluster des projets de recherche européens sur l'internet des objets (H. Sundmaeker, 2010), les « objets » sont des participants actifs dans les processus commerciaux, par des informations et procédés sociaux où ils peuvent interagir et se communiquer entre eux et avec l'environnement, échanger des données et des informations détectées sur l'environnement, tout en réagissant de manière autonome aux événements réels/physiques, et l'influencer en exécutant des processus qui déclenchent des actions et créent des services avec ou sans intervention humaine directe.

Un environnement intelligent utilise les technologies d'information et de la communication pour rendre plus conscients, interactifs et efficaces les systèmes critiques de l'administration des secteurs les plus variés tels que l'éducation, la santé, la sécurité publique, le secteur immobilier, le transport les services publics et l'industrie (Gubbi et al., 2013). La vision de l'IoT pour les environnements intelligents est l'interconnexion des dispositifs de détection et d'actionnement, qui offrent la possibilité de partager l'information de l'environnement à travers une structure unifiée, développant une image opérationnelle commune, permettant ainsi le développement de stratégies innovantes. Ceci est réalisé par une détection omniprésente parfaite, une analyse des

données et une représentation de l'information avec le « cloud computing » comme structure unificatrice (Marques et Armellini 2017).

Plusieurs études sont menées à ce sujet, le Groupe de travail sur l'Internet des objets (ISO/IEC JTC 1/WG 10) ont établi un projet standard pour l'architecture de référence de l'IoT en 2014 formant également cinq groupes internes chargés de mener les projets, dans le but de faire progresser efficacement les travaux en cours: les lacunes de normalisation, les technologies de niveau réseau pour l'IoT, l'identification de l'IoT, les directives d'intégration du système et le modèle de référence conceptuel pour l'architecture de référence de l'IoT.

2.1.3.1 Les Éléments IoT

On présente ici une taxonomie qui aidera à définir les composants nécessaires à l'Internet des objets dans le contexte de ce mémoire. Des taxonomies spécifiques de chaque composante peuvent être trouvées ailleurs (Fosso et al., 2008 ; Tilak, 2002) et (Buyya, et al., 2009). Trois composants IoT permettent l'emplacement parfait : Hardware composé de capteurs, actionneurs et hardware de communication intégré ; outils de stockage et computation de bord (frontière) sur demande, pour l'analyse des données; présentation et interface de visualisation facile à comprendre et outils d'interprétations que puissent être largement accessibles sur différentes plateformes et pouvant être conçues pour différentes applications.

Dans cette section, nous discutons de certaines technologies habilitantes dans ces catégories qui constituent les trois composantes mentionnées ci-dessus.

2.1.3.1.1 Technologies Habilantes

Radio Frequency Identification

La technologie RFID est une clairière dans le paradigme de la communication intégrée qui permet la conception de puces pour la communication de données sans fil. Ils aident à identifier automatiquement tout ce qu'ils sont tenus d'agir comme un code à barres électronique (Welbourne et al .2009). Il existe plusieurs catégories de technologie RFID et chacune a ses avantages et ses inconvénients. Les exigences de l'application déterminent quelle technologie RFID est appropriée.

Un système RFID est composé de trois couches, une étiquette contenant une puce, un lecteur et ses antennes et un ordinateur équipé d'une application middleware qui gère l'équipement RFID, filtre les données et interagit avec les applications d'entreprise (Fosso et al., 2008).

Les étiquettes RFID passives (LF/HF/UHF) ne sont pas alimentées par batterie et utilisent l'énergie du signal d'interrogation du lecteur pour communiquer l'ID au lecteur RFID. Cela a donné lieu à de nombreuses applications, en particulier dans la vente au détail et la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Les applications peuvent être trouvées dans le transport (remplacement des billets, autocollants d'enregistrement) et dans les applications de contrôle d'accès. Les étiquettes passives sont actuellement utilisées sur de nombreuses cartes bancaires et étiquettes de péage qui sont parmi les premiers déploiements mondiaux (Juels, 2010). Les étiquettes passives peuvent fonctionner à basse, haute et ultra haute fréquence. Les systèmes à basse fréquence fonctionnent généralement à 124 kHz, 125 kHz ou 135 kHz. Les systèmes à haute fréquence utilisent 13,56 MHz et les systèmes à très haute fréquence utilisent une bande allant de 860 MHz à 960 MHz. Certains systèmes utilisent également 2,45 Ghz et d'autres zones du spectre radioélectrique (Violino, 2005).

Les lecteurs RFID actifs possèdent leur propre batterie et peuvent instancier la communication. Parmi les diverses applications, l'application principale des étiquettes RFID actives se fait dans des conteneurs de port (Juels, 2006) pour surveiller la charge. Ils fonctionnent généralement à 455 MHz, 2,45 GHz ou 5,8 Ghz, et ils ont généralement une portée de lecture de 20 mètres à 100 mètres (Violino, 2005)..

Une étiquette semi-passive est une étiquette RFID qui possède une batterie, mais communique avec un lecteur en utilisant la rétrodiffusion, comme une étiquette passive sans batterie. La batterie est généralement utilisée pour alimenter un capteur et pour faire fonctionner les circuits sur la puce. Cela permet que plus d'énergie de l'antenne du lecteur soit réfléchie vers l'interrogateur, en donnant ainsi aux étiquettes semi-passives une plage de lecture plus longue que les étiquettes passives ordinaires. Les termes « semi-actif » et « assisté par batterie » sont également appliqués à ce type d'étiquette. « Assisté par batterie » est probablement le meilleur terme, car il explique le plus clairement comment fonctionne ce type de tag.

Wireless Sensors Network (WSN)

Les progrès technologiques récents dans les circuits intégrés de faible puissance et la communication sans fil ont fourni des dispositifs miniaturés efficaces, à faible coût et de faible puissance, pour une utilisation dans des applications à distance. La combinaison de ces facteurs a amélioré la faisabilité d'utiliser un réseau de capteurs constitué d'un grand nombre de capteurs intelligents, permettant la collecte, le traitement, l'analyse et la diffusion d'informations précieuses recueillies dans divers environnements (Akyildiz, Weilian, Sankarasubramaniam, et Cayirci, 2002).

Un réseau de communication est composé de nœuds, chacun ayant une puissance de calcul et pouvant transmettre et recevoir des messages sur des liaisons de communication, sans fil ou câblées. Un seul réseau peut être constitué de plusieurs sous-réseaux interconnectés de différentes topologies. Les réseaux sont en outre classés en tant que réseaux locaux (LAN), par ex. à l'intérieur d'un bâtiment ou des réseaux étendus (WAN), par ex. entre les bâtiments (Tiwari, et al., 2004).

Les réseaux de communication sans fil ont initialement été déployés pour la surveillance de l'environnement, ce qui implique de recueillir des lectures au fil du temps sur un volume d'espace suffisamment grand pour montrer une variation interne significative. Les chercheurs les utilisent pour surveiller cibles militaires, secours en cas de catastrophe naturelle, surveillance de la santé biomédicale, exploration de l'environnement dangereux et détection sismique (Yick, et al., 2008) et pour mener des études analogues sur des comportements environnementaux, le confort des bâtiments et la détection des présences (Culler, et al., 2004). Les réseaux de capteurs peuvent être constitués de différents types de capteurs tels que sismiques, à faible taux d'échantillonnage magnétique, thermique, visuel, infrarouge, acoustique et radar, capables de surveiller une grande variété de conditions ambiantes (Akyildiz et al., 2002).

Les réseaux sans fil fusionnent un large éventail de technologies de l'information qui englobent le matériel, les logiciels système, les réseaux et les méthodologies de programmation. (Culler et al., 2004). Les WSN actuels sont déployés sur terre, sous terre et sous l'eau. Selon l'environnement, un réseau de capteurs fait face à différents défis et contraintes. Il existe cinq types de WSN : le WSN terrestre, le WSN souterrain, le WSN sous-marin, le WSN multimédia et le WSN mobile (Yick et al., 2008).

La conception d'une plateforme WSN doit faire face à des défis en termes d'efficacité énergétique, de coût et d'exigences d'application. Cela nécessite de l'optimisation du matériel et du logiciel pour rendre un WSN efficace (Akyildiz et al., 2002). Le matériel inclut l'utilisation de capteurs peu coûteux, tandis que les logiciels qui traitent de problèmes tels que la durée de vie du réseau, la robustesse, l'auto-organisation, la sécurité, la tolérance aux pannes et le middleware.

Différemment d'autres réseaux, les WSN sont conçus pour des applications spécifiques. Les applications comprennent, sans toutefois s'y limiter, la surveillance en général. Chaque application peut être différente dans ses fonctionnalités et ses exigences. (Gungor, et al., 2010). Pour soutenir cette diversité d'applications, le développement de nouvelles conceptions et de services est nécessaire (Yick et al., 2008).

Pour le bon fonctionnement et standardisation de la technologie, certaines normes ont été développées. En effet, la norme définit les fonctions et les protocoles nécessaires pour que les nœuds de capteurs s'interfacent avec une variété de réseaux. Ces normes incluent Bluetooth (sur IEEE 802.15.1), ZigBee (sur IEEE 802.15.4) et Wi-Fi (sur IEEE 802.11)(Lee, et al., 2007).

WLAN (IEEE 802.11)

La norme IEEE 802.11, connue sous le nom de « Wi-Fi », est un support sans fil accepté à l'échelle mondiale utilisé pour envoyer/recevoir des données, des signaux, des commandes et bien plus encore. Cela fonctionne dans la bande de fréquence 2,4 GHz — 60 GHz (Liu, et al., 2007). Ce réseau local sans fil est devenu très populaire dans les hotspots publics et dans les entreprises au cours des dernières années, avec un débit binaire typique de 11, 54 ou 108 Mbps et une plage de 50 à 100 m. Afin de soutenir efficacement les applications Machine-to-Machine (M2M) et Internet des Objets (IoT), une nouvelle modification de la norme Wi-Fi appelée IEEE 802.11ah a été introduite. Dans le 802.11ah (ou Wi-Fi HaLow), plusieurs fonctionnalités MAC améliorées sont ajoutées afin de fournir une évolutivité pour un grand nombre de stations, d'augmenter la plage de fonctionnement, tout en réduisant la consommation d'énergie par rapport à la Wi-Fi existant (Akeela et Elziq, 2017).

L'obtention d'une conception conjointe optimale sur toutes les couches de la pile de protocoles réseau est assez difficile. Plusieurs solutions propriétaires existantes pour les cas d'utilisation Machine-to-Machine (M2M) et Wireless Network Networks (WSN) sont disponibles sur le marché (Niyato, Xiao, et Wang, 2011). La famille de normes IEEE 802.15 a également abordé le

problème de l'utilisation de faible puissance antérieurement. Par exemple, l'identification par radiofréquence (RFID) offre certaines de ces fonctionnalités. ZigBee et Bluetooth prennent en charge d'autres cas d'utilisation. IEEE 802.11 est connu pour être un standard pour les réseaux locaux sans fil (WLAN) et l'une des solutions les plus déployées pour l'architecture de systèmes des entreprises (Akeela & Elziq, 2017).

Bluetooth Low Energy (BLE) – IEEE 802.15.1

Le Bluetooth est considéré comme une technologie sans fil à courte portée et à faible coût pour fournir des fonctionnalités de communication, allant du remplacement du fil au réseau personnel simple (Cassioli, Detti, Loret, Mazzenga, et Vatalaro, 2002). La plupart des applications Bluetooth envisagées impliquent une communication locale entre de petits groupes d'appareils (Bisdikian, 2001).

La technologie BLE a eu lieu alors que d'autres solutions sans fil de faible puissance, prenaient de plus en plus d'ampleur dans les domaines d'application qui nécessitent une mise en réseau « multi-hop ». Cependant, BLE constitue une solution « single-hop », un « hop » signifie le nombre de réseaux différents qu'un paquet doit traverser pour atteindre son adresse de destination finale. Dans un réseau à un seul bond « single-hop », lorsqu'un paquet quitte la source, il ne prend qu'un seul bond (un réseau, un routeur par exemple) avant d'atteindre son adresse de destination. Cette solution est applicable à différents cas d'utilisation dans des domaines tels que les soins de santé, l'électronique grand public, l'énergie intelligente et la sécurité (Gomez, et al., 2012).

Bluetooth est l'une des premières technologies sans fil standardisées. Le système BLE fonctionne dans la bande ISM 2,4 GHz à 2400 MHz — 2483,5 MHz. La puissance d'émission d'un émetteur BLE peut varier entre 0,01 mW (-20 dBm) et 10 mW (+10 dBm). Le spectre étalé à saut de fréquence (FHSS) qui est un sous-ensemble de la méthode à spectre étalé est sélectionné (Mackensen, et al., 2012).

Les communications entre les périphériques Bluetooth est normalement pair-à-pair (« peer-to-peer »), chaque périphérique étant égal. Cependant, lorsque deux appareils ou plus sont reliés à un petit réseau ad hoc appelé piconet, un dispositif agit comme maître et les autres comme esclaves pour toute la durée de la connexion (Erasala et Yen, 2002). Un piconet est un réseau qui relie un groupe d'utilisateurs sans fil à l'aide de protocoles de technologie Bluetooth. Un piconet est constitué de deux périphériques ou plus occupant le même canal physique (synchronisé avec

une horloge commune et une séquence de sauts) (Contreras et Castro, 2011). Il permet à un appareil maître de s'interconnecter avec jusqu'à sept appareils esclaves actifs.

Les connexions Bluetooth sont établies dans l'ordre que suit, « Mode de veille », les périphériques non connectés dans un piconet sont en mode veille, « Enquête », si un périphérique souhaite établir une connexion avec un autre périphérique, il envoie un message, « Actif », quand la transmission de données a lieu, « Maintenance », lorsque le maître ou l'esclave le souhaite, un mode de maintenance est établi et aucune donnée n'est transmise afin d'économiser l'énergie, « Renifler », le mode renifler est applicable uniquement aux unités esclaves, est destiné à la conservation de l'énergie, mais pas à un niveau aussi réduit que la maintenance, « Stationné », le mode stationné est un niveau d'activité plus réduit que le mode de maintenance. L'esclave est synchronisé avec le piconet, ne nécessitant donc pas une réactivation complète, mais ne fait plus partie du trafic (Erasala et Yen, 2002).

La Technologie BLE est utilisée dans beaucoup de nos objets personnels quotidiens, mais le scénario le plus utilisé est probablement celui des communications mobiles. Les téléphones mobiles sont devenus le meilleur marché pour les appareils BT. Avec plus de 70 % des appareils compatibles BT étant des téléphones portables (Alfaiate et Fonseca, 2012).

La communauté de l'IoT a largement étudié l'utilisation de 802.11 dans le but de l'inférence de localisation. Pendant ce temps, Bluetooth est de plus en plus largement déployé en raison de sa faible consommation d'énergie et de son coût (Madhavapeddy et Tse, 2005) pour cette raison c'est la technologie à être utilisée dans ce projet.

ZigBee (IEEE 802.15.4)

ZigBee est une norme de spécification pour une suite de protocoles de communication de haut niveau utilisés pour créer des réseaux personnels construits à partir de petites radios numériques de faible puissance. ZigBee est basé sur une norme IEEE 802.15. Bien que de faible puissance, les appareils ZigBee transmettent souvent des données sur de longues distances en transmettant des données à travers des dispositifs intermédiaires pour atteindre des distances plus éloignées, créant ainsi un réseau maillé (Porkodi et Bhuvaneswari, 2014). Ils peuvent être utilisés dans des applications qui nécessitent un faible débit de données, une longue durée de vie de la batterie et une mise en réseau sécurisé.

2.1.3.1.2 Stockage et analyse de données

L'un des résultats les plus importants de ce domaine émergent est la création d'une quantité de données sans précédent. Le stockage, la propriété et l'expiration des données deviennent des problèmes critiques. L'Internet consomme jusqu'à 5 % de l'énergie totale produite aujourd'hui et va certainement augmenter encore plus avec ces types de demandes (Gubbi et al., 2013). L'infrastructure de stockage de données orientée IoT dans la plateforme cloud devrait fournir un service de stockage, d'accès et de gestion des données IoT. Le domaine du stockage et de l'accès aux données est confronté à une série de défis : grand volume de données, types de données différents, données de génération rapide, exigences complexes de gestion des données, etc. (Jiang et al., 2014). Le système de stockage IoT permet le suivi des informations essentielles sur les éléments lorsqu'ils se déplacent dans les plateformes cloud. Il montre une valeur significative pour les applications IoT en fournissant une connaissance précise du traitement actuel des données IoT, ce qui se traduit par une disponibilité plus élevée et l'accès aux ressources flexible. Le système de stockage de données prenant en charge les dispositifs IoT peut être utilisé pour améliorer l'efficacité du traitement des données dans son ensemble et offrir un énorme avantage concurrentiel aux applications IoT. Les systèmes de stockage de données IoT permettront à l'entreprise d'acquérir une telle capacité (Cai et al., 2017).

2.1.3.1.3 Visualisation (Interface)

La visualisation est fondamentale pour une application IoT, car elle permet l'interaction de l'utilisateur avec l'environnement. Avec les progrès récents dans les technologies d'écran tactile, l'utilisation de tablettes et de téléphones intelligents est devenue très intuitive (Gubbi et al., 2013). Pour profiter pleinement de la révolution IoT, il est nécessaire de créer une visualisation attrayante et facile à comprendre.

Toute interaction de l'utilisateur avec l'environnement nécessitera un logiciel de visualisation approprié qui mettra en évidence le mécanisme de détection ainsi que l'interprétation du scénario de données aussi. Les écrans tactiles et les tablettes intelligentes intégrées ont créé un environnement conducteur pour le système. Les informations qui sont traitées dans des données significatives en utilisant des algorithmes de fusion de capteurs présenteront de nombreuses inférences sur la situation actuelle et les scénarios. Ces inférences doivent être représentées à partir des méthodes visuellement attrayantes, en utilisant la logique floue.

Cela permettra également aux décideurs de traduire les données en connaissances, ce qui est essentiel pour une prise de décision rapide. L'extraction d'informations significatives à partir de données brutes n'est pas triviale. Cela englobe la détection et la visualisation des événements des données brutes et modélisées associées, les informations étant représentées en fonction des besoins de l'utilisateur final.

2.1.4 Les « couches » de l'IoT

Comme nous l'avons vu, nous pouvons utiliser l'IoT dans plusieurs domaines et cette technologie porte un grand potentiel en tant que nouveau paradigme de modernes télécommunications sans fil. Nous considérons en particulier la visualisation de l'IoT dans un modèle de référence développé par Cisco™. Ce modèle a été développé pour fournir des définitions et des descriptions claires qui peuvent être appliquées avec précision aux éléments et aux fonctions des systèmes et des applications IoT. Le modèle aide à décomposer les systèmes complexes discutés ci-dessus, afin que chaque partie soit plus compréhensible, et fournit également des informations supplémentaires pour identifier avec précision les niveaux IoT et établir une relation avec les systèmes de produits et services. Grâce à ce modèle, nous pouvons également identifier où les types spécifiques de traitement sont optimisés dans différentes parties du système. Cela permettra aux agents de créer des produits e/ou services IoT fonctionnant les uns avec les autres, ce qui rendra l'IoT réel et accessible, plutôt que simplement conceptuel.

Dans un système IoT, les données sont générées par plusieurs types de dispositifs, traitées de manières différentes et transmises dans différents emplacements par des applications.

L'architecture orientée aux services a été appliquée comme technologie habilitante par (Xu, He, et Li, 2014) qui divisait l'IoT en quatre couches :

- Couche de détection : Cette couche est intégrée avec le Hardware existant (RFID, capteurs, actionneurs, etc.) et sert à détecter/contrôler le monde physique et acquérir des données
- Couche de mise en réseau : Cette couche fournit un soutien réseau de base et le transfert de données par un réseau sans ou avec fil.
- Couche de service : cette couche crée et gère les services et fournit des services pour satisfaire les besoins des utilisateurs.

- Couche d'interface : cette couche fournit des méthodes d'interaction aux utilisateurs et aux autres applications.

Le modèle de référence IoT que nous proposons comprend sept niveaux. Chaque niveau est défini avec une terminologie qui peut être standardisée pour créer un cadre de référence. Le modèle de référence IoT ne se limite pas à la portée ou à localisation de ses composants. Par exemple, d'un point de vue physique, chaque élément pourrait résider dans un seul rack d'équipement ou pourrait être distribué par ailleurs au monde.

Les réseaux traditionnels de communication de données ont de multiples fonctions, comme en témoigne le modèle de référence à 7 couches de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Cependant, un système IoT complet contient de nombreux niveaux en plus du réseau de communication. Le modèle de référence IoT permet également de varier les traitements effectués à chaque niveau de trivial à complexe, en fonction de la situation. Le modèle décrit comment les tâches à chaque niveau doivent être traitées pour maintenir la simplicité, permettre une grande évolutivité et assurer un soutien. Enfin, le modèle définit les fonctions nécessaires pour qu'un système IoT soit complet (CISCO, 2014).

La figure 2.1 illustre le modèle de référence IoT et ses niveaux. Il est important de noter que dans l'IoT, les données circulent dans les deux sens. Dans un modèle de contrôle, les informations de contrôle circulent du bas du modèle (niveau 7) vers le haut (niveau 1).

Dans un modèle de surveillance, le flux d'informations est l'inverse. Sur la plupart des systèmes, le flux sera bidirectionnel.

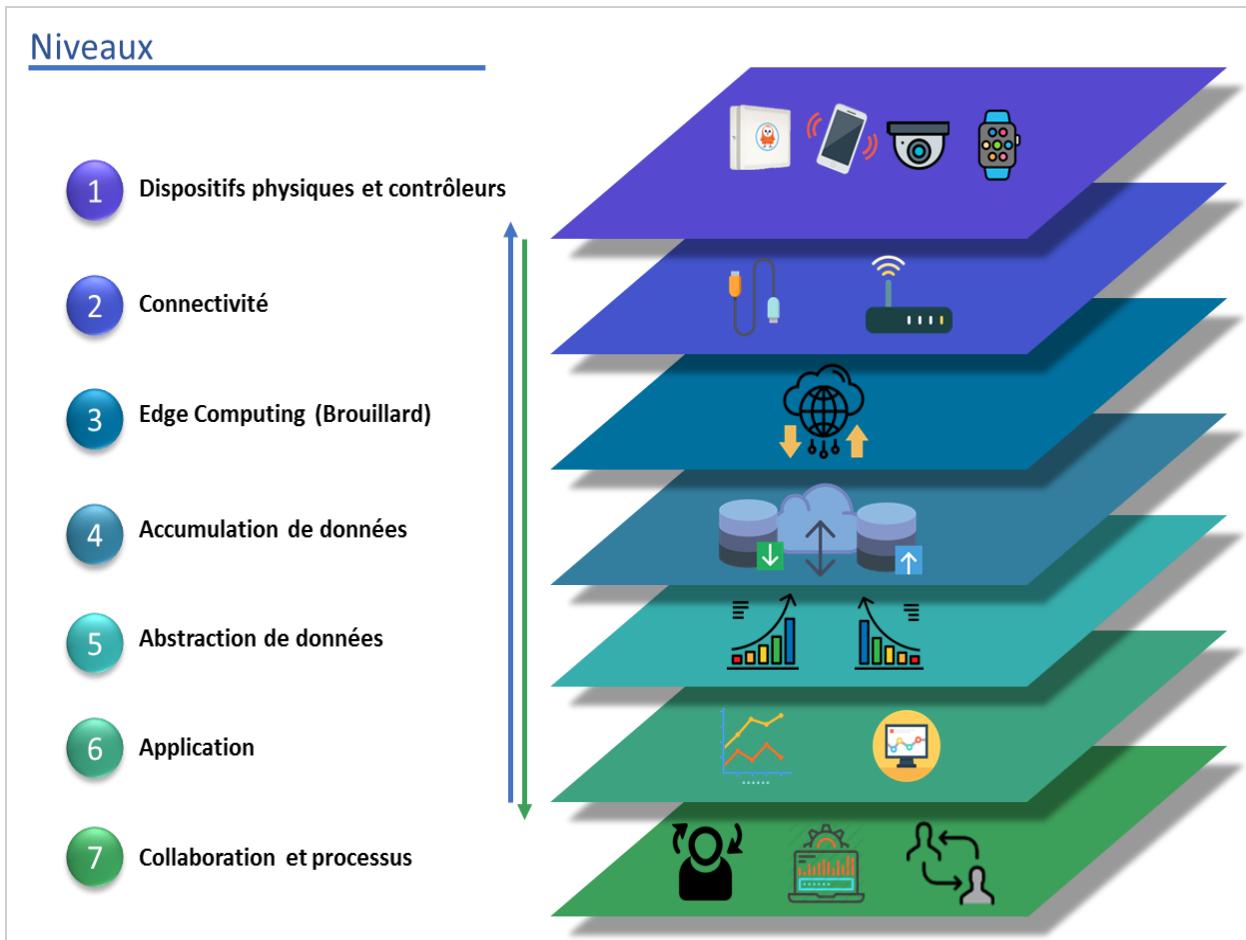


Figure 2.1 : Le Modèle de référence de L'IoT (CISCO, 2014)

Ces couches de l'IoT basés sur le modèle de (CISCO, 2014) ont été précédemment présentées comme suite (Marques et Amellini, 2017) :

Niveau 1 : Dispositifs physiques et contrôleurs

Le modèle de référence IoT commence par la couche 1 : périphériques physiques et contrôleurs pouvant contrôler plusieurs périphériques. Ce sont les « objets » de l'Internet des objets, et ils comprennent une large gamme d'appareils de terminal qui envoient et reçoivent des informations. Aujourd'hui, la liste des appareils est déjà étendue. Il deviendra presque illimité, car plus d'équipements sont ajoutés à l'IoT au fil du temps.

Niveau 2 : Connectivité

Les communications et la connectivité sont concentrées au niveau 2. La fonction la plus importante du niveau 2 est la transmission fiable et opportune de l'information. Cela comprend les transmissions entre les appareils (niveau 1)

et le réseau, entre le réseau (niveau 2) et le traitement des informations de faible niveau se trouvant au niveau 3 et à travers les réseaux (est-ouest).

Niveau 3 : Edge Computing (Brouillard)

Les fonctions de niveau 3 sont dictées par la nécessité de convertir les flux de données du réseau en informations appropriées pour le stockage et le traitement de niveau 4 (hiérarchisé). Cela signifie que les activités de niveau 3 se concentrent sur l'analyse sur place des données, et leur transformation à haut volume. Par exemple, un appareil de détection de niveau 1 peut générer des échantillons de données plusieurs fois par seconde, 24 heures sur 24, 365 jours par an. Un principe de base du modèle de référence IoT est que le système plus intelligent commence à traiter les informations le plus tôt possible à partir des limites du réseau. Ceci est parfois appelé cloud computing. Au niveau 3, c'est là que cela se produit. Étant donné que les données sont généralement soumises à un équipement de réseau de niveau de connectivité (niveau 2) par des dispositifs dans de petites unités, le traitement de niveau 3 est effectué sur une base par paquet. Ce traitement est limité, car il n'y a que la connaissance des unités de données et non pas des «sessions» ou des «transactions». Le traitement de niveau 3 peut couvrir de nombreux exemples, tels que :

- Évaluation : évalue des données pour déterminer si elles doivent être traitées à un niveau supérieur ;
- Mise en forme : reformate des données pour un traitement cohérent de haut niveau ;
- Expansion/décodage : manipule de données cryptiques avec un contexte supplémentaire (comme l'origine) ;
- Distillation/Réduction : réduit et/ou synthétise des données afin de minimiser l'impact des données et du trafic sur le réseau et les systèmes de traitement de niveau supérieur ;
- Évaluation : détermine si les données représentent un seuil ou une alerte ; cela peut inclure la redirection de données vers des destinations supplémentaires

Niveau 4 : Accumulation de données.

Les systèmes de réseau sont conçus pour déplacer les données en toute sécurité. Les données sont en mouvement. Avant le niveau 4, les données circulent sur le réseau et le taux et à l'organisation sont déterminés par les périphériques qui génèrent les données. Le modèle est piloté par les événements. Comme défini précédemment, les périphériques de niveau 1 n'incluent pas les ressources informatiques. Cependant, certaines activités de calcul peuvent se produire au niveau 2, telles que la traduction de protocole ou l'application de la politique de sécurité réseau. D'autres tâches informatiques peuvent être effectuées au niveau 3, telles que l'inspection d'un paquet. La réalisation de tâches de calcul aussi proches que possible de l'IoT, avec des systèmes hétérogènes répartis sur

plusieurs domaines de gestion, représente un exemple de cloud computing. Les services de brouillard et de cloud computing sont une caractéristique distinctive de l'IoT.

La plupart des applications ne peuvent ou n'ont pas besoin de traiter des données à la vitesse du réseau. Les applications supposent généralement que les données sont «au repos» — ou immuables — en mémoire ou sur disque. Au niveau 4 (Accumulation de données), les données en mouvement sont converties en données au repos. Le niveau 4 détermine :

- Si les données présentent un intérêt pour les niveaux supérieurs : si c'est le cas, le traitement de niveau 4 est le premier niveau configuré pour répondre aux besoins spécifiques d'un niveau supérieur.
- Les données doivent-elles être persistantes ? Les données doivent-elles être conservées sur disque dans un état non volatile ou accumulées en mémoire pour une utilisation à court terme ?
- Le type de stockage requis : La persistance nécessite-t-elle un système de fichiers, un système de données volumineux ou une base de données relationnelle ?
- Si les données sont organisées correctement : les données sont-elles organisées de manière appropriée pour le système de stockage requis ?
- Si les données doivent être recombinées ou recalculées : les données peuvent être combinées, recalculées ou agrégées avec des informations précédemment stockées, dont certaines peuvent provenir de sources non IoT.

Au fur et à mesure que le niveau 4 capture les données et les met en veille, il devient possible d'utiliser ces données par des applications en temps non réel. Les applications accèdent aux données en cas de besoin. En bref, le niveau 4 convertit les données basées sur des événements en traitement basé sur une requête. C'est une étape cruciale pour surmonter les différences entre le monde des réseaux en temps réel et le monde des applications en temps non réel.

Niveau 5 : Abstraction de données

Les systèmes IoT devront évoluer au niveau de l'entreprise ou même au niveau mondial et nécessiteront plusieurs systèmes de stockage pour prendre en charge les données de données IoT provenant des systèmes ERP (« Enterprise Resource Planning »), HRMS (« Human Resource Management System »), CRM (« Customer Relationship management ») et d'autres systèmes d'entreprise traditionnels. Les fonctions d'abstraction des données de niveau 5 se concentrent sur le rendu des données et leur stockage de manière à permettre le développement d'applications plus simples et améliorées.

Avec plusieurs périphériques générant des données, il existe de nombreuses raisons qui expliquent pourquoi ces données ne peuvent pas se retrouver dans le même magasin de données :

- Il peut y avoir trop de données à mettre dans un endroit.
- Le transfert de données vers une base de données peut consommer beaucoup de puissance de traitement, de sorte que sa récupération doit être séparée du processus de génération de données.
- Les bases de données et les entrepôts de données.
- Les appareils peuvent être géographiquement séparés et le traitement est optimisé localement.
- Les niveaux 3 et 4 peuvent séparer les «flux de données brutes continues» des «données représentant un événement».
- Le stockage de données pour le streaming de données peut être un système de données volumineux. Le stockage des données d'événement peut être un système de gestion de base de données relationnelle avec des temps de requête plus rapides.
- Différents types de traitement de données peuvent être requis. Par exemple, le traitement en magasin se concentrera sur des choses autres que le traitement sommaire dans tous les magasins.

Pour ces raisons, le niveau d'abstraction des données doit traiter beaucoup de choses différentes. Ceux-ci incluent :

- Concilier différents formats de données provenant de différentes sources ;
- Assurer une sémantique des données cohérente entre les sources ;
- Vérifiez que les données sont complètes pour l'application de niveau supérieur.

Niveau 6 : Application

Le niveau 6 est l'endroit où l'interprétation de l'information se produit. Le logiciel à ce niveau interagit avec le niveau 5 et les données au repos, il n'a donc pas besoin de fonctionner à des vitesses réseau. Le modèle de référence IoT ne définit pas strictement une application. Les applications varient en fonction des marchés verticaux, de la nature des données de l'appareil et des besoins de l'entreprise. Par exemple, certaines applications se concentreront sur la surveillance des données de l'appareil. Certains se concentreront sur le contrôle de l'appareil. Certains vont combiner l'appareil et non les données de l'appareil. Les applications de surveillance et de contrôle représentent de nombreux modèles d'application, modèles de programmation et différentes piles logicielles, conduisant à des discussions sur les systèmes d'exploitation, la

mobilité, les serveurs d'applications, les hyperviseurs, le « multithreading », etc. Ces sujets dépassent la portée de notre discussion sur le modèle de référence IoT. Il suffit de dire que la complexité de l'application varie considérablement.

Les exemples incluent :

- Des applications entrepreneuriales critiques telles que des solutions ERP (« Enterprise Resource Planning ») généralisées ou des solutions sectorielles spécialisées ;
- Des applications mobiles qui traitent d'interactions simples ;
- Des rapports Business Intelligence, dans lesquels l'application est le serveur BI ;
- Des applications analytiques qui interprètent les données pour les décisions d'affaires ;
- Des applications de gestion de systèmes/centres de contrôle qui contrôlent le système IoT lui-même et n'agissent pas sur les données produites par celui-ci.

Si les niveaux 1-5 sont correctement architecturés, la quantité de travail requise par le niveau 6 sera réduite. Si le niveau 6 est correctement conçu, les utilisateurs pourront mieux faire leur travail.

Niveau 7 : Collaboration et processus

L'une des principales distinctions entre l'IoT et le système IoT est que l'IoT inclut les personnes et les processus. Cette différence devient particulièrement claire au niveau 7 (Collaboration et processus). Le système IoT et les informations qu'il crée ont peu de valeur à moins de produire une action qui nécessite souvent des personnes et des processus.

Les applications exécutent une logique d'affaires pour former les personnes. Les gens utilisent des applications et des données associées pour leurs besoins spécifiques. Souvent, plusieurs personnes utilisent la même application pour différentes raisons. Par conséquent, l'objectif n'est plus l'application, mais de permettre aux gens de mieux faire leur travail. Les applications (niveau 6) donnent aux entrepreneurs les bonnes données, au bon moment, afin qu'ils puissent prendre la bonne décision.

Mais souvent, l'action requise nécessite plus d'une personne. Les gens devraient être capables de communiquer et de collaborer, parfois en utilisant l'Internet traditionnel, pour rendre l'IoT utile. La communication et la collaboration nécessitent souvent plusieurs étapes. Et cela transcende généralement plusieurs applications. C'est pourquoi le niveau 7 représente un niveau supérieur à la place d'une seule application. (CISCO, 2014).

Les modèles de distribution, les standards et les études sur l'IoT et ses applications, y compris les villes et communautés intelligentes, fournissent la plateforme de normalisation spécialisée de l'IoT nécessaire à cette convergence vers un ensemble cohérent de normes internationales. Avec la participation des participants dans le domaine des technologies de l'information et de la communication, ce type d'étude aura une incidence sur la promotion du développement de «systèmes de systèmes» très efficaces qui contribueront à réduire la fracture numérique et à rendre le monde plus connecté.

2.2 Génie des systèmes

On présente ici une introduction au génie de systèmes, dont ce mémoire est basé. Ces concepts nous aideront à mieux saisir les éléments d'un système, bien comme les critères d'implémentation d'un système de produits et services basés sur une technologie.

2.2.1 Qu'est-ce que le génie des systèmes ?

Il y a plusieurs façons de définir le génie des systèmes. Selon Kossiakoff (2011), la fonction du génie des systèmes est de guider l'ingénierie des systèmes complexes.

Du point de vue étymologique, un système - du latin « systema » (combinaison, assemblage) - est un groupe de composants interdépendants travaillant ensemble vers un objectif commun ou une collection de composants organisés pour accomplir une fonction spécifique ou un ensemble de fonctions (Gorod, Sauser, et Boardman, 2008). Les systèmes sont constitués de composants, de relations et d'attributs.

L'ingénierie de l'ancien français « engineor », qui désigne un constructeur d'engins de guerre¹. Dans un autre sens, il représente celui qui construisait ou inventait des machines, et pour après l'application de connaissances scientifiques, économiques, sociales et pratiques, dans le but d'inventer, concevoir, construire, entretenir et améliorer des structures, des machines, des appareils, des systèmes, des matériaux et des procédés. C'est aussi une profession dans laquelle les connaissances mathématiques et techniques sont acquises et appliquées dans la création, l'amélioration et la mise en œuvre d'utilitaires qui remplissent une fonction ou un objectif.

¹Définition : ingénieur (Dictionnaire Larousse, 2018)

Alors, on peut définir le génie des systèmes comme l'approche scientifique interdisciplinaire (génies) dont le but est de formaliser et d'appréhender la conception de systèmes complexes. (Kossiakoff, 2011).

L'origine du génie des systèmes ne peut pas être associée à une date spécifique puisque le génie des systèmes est pratiqué depuis la construction des pyramides et probablement même avant. Cependant, la reconnaissance de l'ingénierie des systèmes comme une activité distincte est souvent associée avec les effets de la seconde Guerre Mondiale (Kossiakoff, 2011). Pendant la Guerre Froide des années 1950, 1960 et 1970, les besoins militaires ont continué à conduire la croissance de la technologie. Le développement de l'ordinateur numérique est particulièrement important à cet égard, et la technologie logicielle est associée comme l'IoT et l'intelligence artificielle, ce qui conduit de plus en plus au remplacement du contrôle humain par des systèmes.

La croissance explosive de la technologie observée à partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle et jusqu'à nos jours, a été le facteur le plus important dans l'émergence de l'ingénierie des systèmes comme un ingrédient essentiel dans la conception des systèmes complexes (Buchanan, 2018). Les avances technologiques ont non seulement considérablement étendu les capacités des systèmes antérieurs, tels que les avions, les télécommunications et les centrales électriques, mais elles ont aussi créé des systèmes entièrement nouveaux tels que ceux basés sur la propulsion par réaction, les communications par satellite, la navigation, la fabrication, les finances, le transport, le divertissement, les soins de santé et d'autres produits et services. Les progrès technologiques ont non seulement influencé la nature des produits, mais aussi changé fondamentalement la façon dont ils sont conçus, produits et exploités.

Les composants sont les parties opérationnelles d'un système. Ils peuvent être de divers types : des acteurs ou des organisations tels que des particuliers, des entreprises commerciales, des banques, des universités, des instituts de recherche et des organismes de politique publique (des parties ou des groupes de chacun). Ils peuvent être des artefacts physiques ou technologiques tels que des turbogénérateurs, des transformateurs et des lignes de transmission dans des systèmes d'alimentation électrique et des dispositifs biomédicaux, des techniques de diagnostic et des médicaments dans des systèmes biomédicaux/biotechnologiques. Ils peuvent également être des institutions sous la forme d'artefacts législatifs tels que les lois réglementaires, les traditions et les normes sociales.

Les relations sont les liens entre les composants. Les propriétés et le comportement du paquet de chaque composant influencent les propriétés et le comportement du paquet dans son ensemble (Carlsson, et al., 2002).

En même temps, chaque composant dépend des propriétés et du comportement d'au moins un autre composant de l'ensemble. En raison de cette interdépendance, les composants ne peuvent pas être divisés en sous-ensembles indépendants. Le système est plus que la somme de ses parties (Blanchard et Fabrycky, 2004). En outre, si un composant est retiré d'un système ou si ses caractéristiques changent, les autres artefacts dans le système modifieront les caractéristiques en conséquence (Caporael, 1990), et les relations entre eux peuvent également changer, à condition que le système soit robuste. Un système non robuste s'effondrerait simplement si un composant essentiel était supprimé. Ainsi, une fonction (par exemple le financement par capital-risque) qui est réalisée par un ensemble particulier d'acteurs sous des formes spécifiques peut être exécutée par un autre ensemble d'acteurs et sous différents arrangements dans un système similaire à un moment différent ou à un endroit différent. Pour ce qui est de la construction de systèmes robustes, on doit comprendre la complexité des systèmes de composants, aussi bien que l'architecture et les différentes classes existantes.

2.2.2 Systèmes des systèmes

Le système de systèmes c'est un ensemble de systèmes dédiés ou centrés sur les tâches qui mettent en commun leurs ressources et leurs capacités pour créer un nouveau système plus complexe offrant plus de fonctionnalités et de performances que la simple somme des systèmes constituants. Actuellement, les systèmes de systèmes constituent une discipline de recherche critique pour laquelle les cadres de référence, les processus de pensée, l'analyse quantitative, les outils et les méthodes de conception sont incomplets (Popper, 2004). Un SoS (Systems of systems) est défini comme un ensemble ou un agencement de systèmes résultant de l'intégration de systèmes indépendants et utiles dans un système plus vaste offrant des caractéristiques uniques (Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, 2008).

L'utilisation d'un système de systèmes distinct implique un groupement taxonomique. Cela implique l'existence de classes distinctes au sein des systèmes. Ces classes ne sont utiles que pour l'ingénierie parce qu'elles représentent des exigences distinctes en matière de conception, de développement ou d'exploitation. Il y a trois types de SoS : virtuel, collaboratif et dirigé. Les

systèmes dirigés sont ceux dans lesquels le système de systèmes intégré est construit et géré pour atteindre des objectifs spécifiques. Il est géré de manière centralisée au cours de l'opération à long terme pour continuer à remplir ces objectifs, et tout autre nouveau que les gestionnaires de système souhaitent traiter. Les systèmes virtuels ne disposent pas d'une autorité de gestion centrale. En fait, ils n'ont pas d'objet d'entente centralisé pour le système de systèmes. Un comportement à grande échelle émerge et peut être souhaitable, mais le super système doit s'appuyer sur des mécanismes relativement invisibles pour le maintenir. Les systèmes collaboratifs sont distincts des systèmes dirigés, car l'organisation centrale de gestion n'a pas de pouvoir cohérent pour faire fonctionner le système. Les systèmes de composants doivent, plus ou moins, collaborer volontairement pour atteindre les objectifs fondamentaux convenus. L'Internet est un système collaboratif. La force de travail du génie d'internet élabore des normes, mais il n'a pas le pouvoir de les appliquer (Maier, 1998).

2.2.3 Systèmes des produits-services.

Pour expliquer ce qui est le système des services et produits, en termes simples, il suffit de dire qu'il s'agit d'un système collaboratif mis en place par une entreprise afin d'offrir un mélange de produits et de services avec l'accent mis sur les besoins des utilisateurs. Le PSS est « un ensemble commercialisable de produits et de services capables de répondre conjointement aux besoins d'un utilisateur » (Espíndola et al., 2012).

Pour le client, un PSS est considéré comme fournisseur de la valeur, grâce à une grande personnalisation et une qualité supérieure (par exemple une amélioration de la disponibilité d'une pompe à essence dans une station de services). Le composant de service, étant flexible, peut également fournir de nouvelles fonctionnalités pour mieux répondre aux besoins des clients. Il est souvent décrit comme la suppression des tâches administratives ou de surveillance loin du client et jusqu'au fabricant. Le client reçoit de la valeur sous la forme la plus proche de ses besoins actuels (Baines et al., 2007).

Le concept d'un système de produit-service (PSS) peut-être est un cas particulier de « servitization » (Baines et al., 2007). Ce mouvement est qualifié de « servitization of business » a été mené par Sandra Vandermerwe et Juan Rada en 1988 (Hakanen, et al., 2017), et constitue clairement une nouvelle caractéristique puissante de la stratégie du marché globalement axé sur le

client. Un PSS peut être pensé comme une proposition de marché qui étend la traditionnelle fonctionnalité d'un produit en intégrant des prestations de service.

Un PSS est une construction sociale basée sur les désirs en commun (telles que des objectifs, des résultats attendus et des critères de résolution de problèmes) qui catalysent la participation de plusieurs partenaires (Morelli, 2006). Ce système adopte une approche technique et systématique de la conception et du développement de services à l'aide de systèmes, de méthodes et d'outils. L'un des principaux défis consiste à déployer des architectures de services qui permettent aux utilisateurs d'incorporer de nouveaux services à valeur ajoutée aux produits ou services.

2.2.4 Gestion des systèmes de services.

L'ingénierie des systèmes de services emploie des principes scientifiques et techniques pour ajouter de la valeur aux secteurs de services. Un exemple spécifique d'ingénierie des systèmes de services, c'est l'application efficace de technologies informatiques et de gestion appropriée impliquées dans la mise en marché, la commodité et les avantages à valeur ajoutée pour les clients. Les services nécessitent plus de personnalisation et sont moins modifiables que la production de masse des produits (Chang, 2010).

Les entreprises du secteur des services doivent poursuivre la différenciation stratégique et l'excellence opérationnelle afin d'accroître et de maintenir la rentabilité à long terme. La différenciation stratégique est essentielle pour que les entreprises créent et maintiennent la compétitivité du marché sous la forme de « paquets » de services différenciables. La compétitivité du marché doit être bâtie sur les innovations de service ainsi que sur l'orientation du client. Les ingénieurs de systèmes de services doivent maîtriser la création d'innovations à la fois souhaitées et requises par les clients (Chang, 2010).

Avec l'intégration des entreprises aux systèmes technologiques et aux protocoles de communication avec les clients, il est très important de rechercher l'innovation dans les services. L'innovation est définie par l'acte d'inventer de nouveaux produits qui créent de la valeur pour les clients et les fournisseurs de services (Keathley et al. 2018).

Pour la création de valeur, nous utilisons les réseaux de systèmes de services, qui sont composés de personnes, de technologies et d'organisations. Les interventions prises pour transformer et produire de la valeur constituent des services (Maglio et al., 2006).

La modélisation et la représentation formelles des systèmes de services débutent, en grande partie, en raison de la complexité de la modélisation des personnes, de leurs connaissances, de leurs activités et de leurs intentions (Chandrasegaran et al., 2013). La complexité du système de service est fonction du nombre, de la variété des personnes, des technologies et des organisations impliquées dans les réseaux de création de valeur, allant de systèmes professionnels hautement réputés à une connaissance simple et unique d'un travailleur ou d'une profession. Pour travailler avec des systèmes composés de multiples types d'utilisateurs et autres systèmes, les professionnels dépendent des connaissances, des outils et des réseaux sociaux et organisationnels capables de résoudre des problèmes, se développer continuellement, générer et capturer de la valeur (Maglio et al., 2006).

Les systèmes d'innovation peuvent être définis de différentes manières et dimensions : ils peuvent être nationaux, régionaux, sectoriels ou technologiques. Tous impliquent la création, la diffusion et l'utilisation des connaissances. Les systèmes sont constitués de composants, de relations entre eux et de leurs caractéristiques ou attributs. Une dimension importante est la dimension physique ou géographique. Parfois, l'accent est mis sur un pays ou une région en particulier qui détermine ensuite les limites géographiques du système. Dans d'autres cas, la principale dimension d'intérêt est un secteur ou une technologie. Dans notre cas, la détermination des limites géographiques pertinentes est en soi une question théorique ou davantage méthodologique. Comment délimiter un système est donc un problème majeur dans une exploration comme telle (Carlsson et al., 2002).

2.2.5 Le design des systèmes de services.

L'ensemble de tous les acteurs du système est essentiel au succès, de sorte que la conception d'un système déterminera presque tous les autres aspects de votre projet, comment représenter et démontrer les résultats (Lee, 1997). Bien que les ingénieurs ne soient pas les seuls à concevoir des objets, il est vrai que le professionnel de l'ingénierie est très soucieux du design, et les ingénieurs sont constamment informés que le design est l'essence de l'ingénierie.

Le design consiste à rassembler quelque chose de nouveau ou à organiser les choses existantes d'une nouvelle manière pour répondre à un besoin reconnu de la société (Morelli, 2003). Un mot élégant pour « faire ensemble » est la synthèse. On adopte ici la définition de conception formelle : « Le design établit et définit des solutions et des structures pertinentes aux problèmes

non résolus auparavant ou de nouvelles solutions à des problèmes qui ont déjà été résolus différemment » (Blumrich, 1970). La capacité à concevoir est à la fois une science et un art. C'est pour cette raison que l'expérience de conception devrait impliquer une expérience de conception réaliste (Dieter, 1993).

Le design d'un PSS, à la place, relève d'un domaine d'union de toutes les forces participantes. Le processus de conception dans ce cas se concentre sur les aspects systémiques et repose sur l'hypothèse que son résultat final est coproduit par un réseau d'acteurs sociaux (Morelli, 2006), donc un bon design d'un système PSS lié à un système IoT nécessite la connexion d'un grand nombre d'utilisateurs d'objets intelligents dans le monde physique, y compris des étiquettes RFID, des capteurs, des « beacons », des actionneurs, des dispositifs portables et des téléphones intelligents ainsi que des objets virtuels dans le cyberspace et les bureaux virtuels localisés dans le nuage. Ce paradigme très nouveau de l'IoT aujourd'hui attire une grande variété d'applications, y compris la santé électronique, la maison intelligente, la ville intelligente et la communauté intelligente (Guo et al., 2017).

La fondation pour ce genre de système devra fournir des architectures ouvertes, des protocoles et des technologies pour de nouvelles classes d'applications publiques et commerciales intelligentes basées sur Internet/Web (Uckelmann et al., 2011). Les plates-formes sociales doivent être intégrées aux applications basées sur le modèle d'affaires de l'entreprise.

L'évolutivité rapide et économique de l'installation du système est aussi une fonctionnalité inestimable pour la gestion d'entreprise (Gibson et al., 1998). La conception de l'évolutivité du système permet à l'entreprise de créer un système pour répondre à la demande actuelle et de mettre à jour son taux de transfert à l'avenir, de manière rentable, en répondant à la demande accrue du marché en temps opportun. Pour avoir cette capacité, le système doit être conçu dès le départ pour des expansions futures afin de permettre une croissance de l'offre lorsque le marché l'exige. L'évolutivité est donc une caractéristique importante du système, à la fois pour la gestion d'entreprise et pour la société et, par conséquent, elle repose sur une attention accrue au cours des dernières années (Putnik et al., 2013).

Comme on l'a vu précédemment, les systèmes d'innovation sont vus dans les dimensions physiques et géographiques. Dans le cas de notre recherche, les systèmes appelés systèmes « cyber physiques » intègrent les systèmes technologiques aux processus physiques. Les

ordinateurs et les réseaux intégrés surveillent et contrôlent les processus physiques, généralement avec des boucles de rétroaction où les processus physiques affectent les calculs et vice versa. Dans le monde physique, le passage du temps est inexorable et la compétition est intrinsèque (Lee, 2008).

Le monde physique, cependant, n'est pas entièrement prévisible. Les systèmes cyber physiques ne fonctionnent pas dans un environnement non-contrôlé, ils doivent être robustes aux conditions inattendues et adaptables aux défaillances des sous-systèmes (Lee, 2008). La conception de composants prévisibles et fiables facilite l'assemblage des informations. Mais aucun composant n'est parfaitement fiable dans le monde physique et l'environnement physique sera capable de réduire la prévisibilité en présentant des conditions inattendues. Compte tenu des composants prévisibles et fiables, dans quelle mesure un concepteur peut-il se fier à telles prévisibilité et fiabilité lors de la conception du système ? Comment évite-t-il les projets fragiles, où de faibles écarts par rapport aux conditions d'exploitation prévues provoquent des pannes (Lee, 2008) ?

Le principe qu'on doit suivre est simple : les composants à n'importe quel niveau d'abstraction doivent être prévisibles et fiables si cela est techniquement possible ; si ce n'est pas techniquement faisable, le niveau d'abstraction suivant au-dessus de ces composants devrait compenser la robustesse. Les projets réussis aujourd'hui suivent ce principe (Henzinger et Sifakis, 2006).

2.3 Systèmes des produits-services basés sur l'IoT.

L'IoT est largement utilisé dans la prise de décision (Pang et al., 2015). Par exemple, les produits sont codés à barres afin qu'ils puissent être livrés correctement aux clients et aux distributeurs par l'intermédiaire de dispositifs GPS et RFID connectés afin qu'ils puissent être localisés plus rapidement. Par conséquent, il devient un problème majeur et difficile pour les propriétaires d'entreprise et les gestionnaires de grandes entreprises de partager des informations pendant le traitement du service (ventes en magasin par exemple), car il s'agit d'un processus qui nécessite une coopération élevée afin que le processus soit optimisé. À ce moment, les dispositifs IoT aident à capter les informations du monde physique. Néanmoins, l'IoT lui-même n'est pas suffisant pour générer de la valeur, ce qui rend nécessaire la transformation de volumes considérables de données en connaissances utiles. Les personnes, les machines, les ressources naturelles, les chaînes de production, les réseaux logistiques, les habitudes de consommation et

pratiquement tous les autres aspects de la vie économique et sociale seront reliés à la plate-forme IoT pour alimenter continuellement en temps réel le Big Data à chaque nœud (entreprises, maisons, véhicules). Les données massives, à leur tour, seront traitées avec des analyses avancées, transformées en algorithmes prédictifs et programmés dans des systèmes automatisés pour, par exemple, améliorer l'efficacité thermodynamique, augmenter considérablement la productivité et réduire le coût marginal de production et de livraison d'une gamme complète de biens et de services les plus possibles par tout dans l'économie (Senzi et al., 2016).

Le traitement de ces données est important, car cela permet aux entreprises de faire concurrence sur les résultats et permet l'opportunité de donner aux clients une expérience plaisante à partir de son comportement. Cependant, pour réaliser pleinement la promesse de gains d'efficacité opérationnelle et de nouvelles sources de revenus, chaque entreprise devra maîtriser les bonnes technologies. Tandis que le matériel et les logiciels peuvent constituer les éléments constitutifs, ce sera un design élégant qui sera un facteur-clé de différenciation pour offrir une expérience utilisateur exceptionnelle.

Selon Senzi et al., 2016, le marché de l'IoT peut être segmenté en trois catégories :

- Business to Consumer (B2C) : par personnes connectées, animal de compagnie connecté, maison connectée, voiture connectée ;
- Business to Business (B2B) : par ex. agro-industrie connectée, bâtiments connectés, industrie connectée (internet industriel) ;
- Business to Business to Consumers (B2B2C): par ex. villes intelligentes, réseau intelligent, services publics intelligents.

Les applications IoT sont « pilotées par les événements et réactions », qui réagissent continuellement sur un grand nombre d'événements provenant de l'environnement physique, des utilisateurs et d'autres parties du système. En outre, ils sont dynamiques et adaptatifs, ce qui signifie que les applications, les associations et les collaborations sont établies et configurées dynamiquement en fonction de la situation au moment de l'exécution. Les informations recueillies sont souvent utilisées pour soutenir la prise de décision humaine plutôt que pour automatiser un processus prédéfini. L'interaction avec les utilisateurs humains est essentielle à la fois pour utiliser les systèmes efficacement et pour améliorer efficacement les systèmes au fil du

temps ». Krogstie (2011) et Atzori (2010) fournissent des exemples d'applications IoT dans les processus d'affaires des produits et services suivantes :

- Suivi des paramètres environnementaux : suivi de l'état de conservation des denrées périssables d'entreposage et de transport.
- Installations industrielles : un capteur sans fil monté sur la machine surveille la vibration et si elle dépasse un seuil spécifique, un événement est déclenché pour arrêter immédiatement le processus (contrôle qualité). Une fois qu'un tel événement d'urgence est propagé, les appareils et les systèmes qui le consomment réagissent en conséquence.
- L'analyse du temps des opérations par le biais de la RFID.
- Suivi du profil et comportement du client.

Différents modèles, adoptant des perspectives complémentaires et des combinaisons de caractéristiques descriptives, ont été proposés pour illustrer comment le changement d'offre de services et produits. La majorité des études existantes ont adopté le point de vue d'une approche fondée sur les bonnes pratiques avec la perspective B2B et décrivant la transition de service avec trois dimensions principales (Ardolino, et al., 2016) :

- Du produit aux services orientés par procédés ;
- Des services standardisés aux services personnalisés ;
- Des services transactionnels aux services relationnels.

Dans le cas de ce projet de recherche, le modèle introduit doit être la transformation de service distincte, qui diffèrent sur la base de qui est responsable de décider quand et pourquoi les services devraient être fournis. En outre, une fois que les systèmes de service sont considérés comme ouverts, la discussion d'intégration sur la transformation de la vente de produits et de services intégrés qui fournissent de la valeur en service avec une relation et une perspective de réseau est essentielle. Cependant, la recherche sur le changement organisationnel vers une stratégie axée sur le service semble encore très récente.

Bien que plusieurs chercheurs aient discuté des technologies numériques dans le développement d'une stratégie de service de produit, les impacts de chaque technologie restent encore à l'étude dans la littérature. Considérer la technologie comme une ressource opérante suggère que l'étude

de l'innovation nécessite la prise en compte des modes ou des phases de conception et d'utilisation, ainsi que des processus itératifs d'apprentissage et d'amélioration et des institutions qui les guident (Akaka et Vargo, 2014).

Au cours de nos lectures et de la rédaction de notre revue de la littérature, nous constatons qu'un système PSS doit être mis en place dans le but de connaître les besoins des utilisateurs (clients et collaborateurs) et de pouvoir offrir des produits et services, commercialisables ou non qui répondront à leurs besoins (Espíndola et al., 2012). La contribution de cette application demeure dans la clarification de l'écart entre les modèles d'affaires théoriques et pratiques. C'est-à-dire, il s'impose une analyse de la performance de la technologie existante dans un modèle d'affaires réel.

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Ce projet suit une approche inductive et vise à enquêter sur le cas spécifique de technologies IoT, pour étayer le développement ultérieur dans le domaine des systèmes de produits et services.

Le processus de conception de ce système a été un processus d'exploration de la conception, consistant en une séquence itérative des phases dans lesquelles les problèmes génèrent des solutions, ce qui, à leur tour, redéfinit de nouveaux problèmes (Estefan, 2008). Cependant, l'emphase est mise sur un processus détaillé de génération de connaissances en sciences de la conception (Vaishnavi, 2015).

Ces méthodes exploratoires, ont été utilisées dans la présente étude pour identifier les besoins stratégiques de l'entreprise, identifier les technologies IoT avec potentiel de répondre à ses besoins, concevoir un plan d'implémentation d'un PSS basé sur l'IoT et le tester avec le but d'observer et de réaliser, dans un cas réel, quelques tests pour évaluer son efficacité.

3.1 Méthodes de développement du système.

Un certain nombre de problèmes méthodologiques se posent dans l'application du cadre analytique des systèmes technologiques. Le cadre est encore assez vague et plusieurs alternatives méthodologiques sont disponibles.

Dans la recherche pour l'application d'une technologie IoT dans un système des services, on rencontre plusieurs défis méthodologiques dont trois ressortent comme les plus problématiques. Le premier est au niveau de l'entreprise auquel le système est appliqué. La seconde est la façon dont on définit les limites du système, c'est-à-dire comment délimiter le système et identifier les acteurs. Le troisième est la façon dont on peut mesurer la performance du système.

Généralement, les outils technologiques ont un impact direct sur les processus de l'entreprise. Dans cette étude, l'IoT est considéré comme un catalyseur qui a une incidence sur les services et les processus. La figure 3.1 présente un aperçu de la méthode proposée en partant de la sélection et recherche de la technologie IoT, tout en pensant sur la conception du système et la sélection du site pilote, après une séquence interactive d'évaluations et corrections, afin de mettre en pratique un système viable.

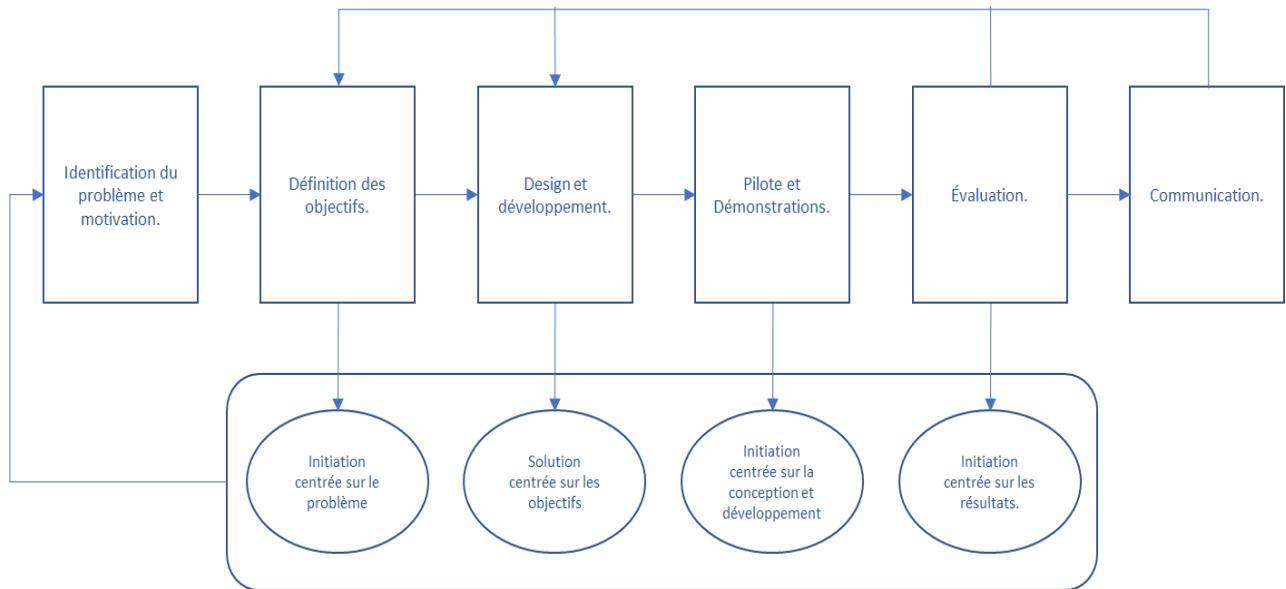


Figure 3.1 : Modèle de processus de méthodologie Design Science (DSRM)—(Peffers, Tuunanen, Rothenberger, et Chatterjee, 2007)

Il existe un certain nombre d'autres modèles de processus DSRM, descriptions (et diagrammes) du processus DSR (voir Purao 2002, Gregg et al., 2001, Mars et Smith 1995, Nunamaker et al., 1991). Le modèle que nous avons décrit dans la figure 3.1 est similaire à ces modèles. Dans notre étude, la conception du système peut également être considérée en termes de représentations de la séquence des processus et des méthodologies utilisées dans l'exécution de la conception, du développement, de l'intégration et des tests (Kossiakoff, 2011).

Dans ce modèle, la recherche commence par la prise de conscience d'un problème ou opportunité. Le Design Science est parfois appelé « recherche d'amélioration » et cette désignation met l'accent sur la résolution de problèmes/l'amélioration de la performance de l'activité. Les suggestions pour une solution de problème sont extraites de manière abductif de la base de connaissance/théorie existante pour la zone problématique (Vaishnavi, 2015).

La figure 3.1 divise la phase du problème en deux phases, identification du problème et motivation. Définit les objectifs d'une solution ; fusionne les phases de suggestion et de développement en une seule phase, conception et développement ; divise la phase d'évaluation en deux phases, démonstration et évaluation ; et finalement, renomme la phase de conclusion en communication.

3.1.1 Définition du niveau d'analyse du système

Pour définir une méthode d'analyse et de recherche dans l'entreprise pétrolière en question, on a premièrement enquêté tous les acteurs de l'environnement entrepreneurial dans le secteur des stations de services. Il est connu, qu'aujourd'hui il ne suffit pas de connaître les besoins et attentes des clients pour rester compétitif (Stanislav, 2002) dans ce marché très concurrentiel.

Un système bien structuré doit également compter avec les besoins des employés, de la communauté locale et mondiale, des investisseurs et de la société en général, en ce qui concerne les aspects financiers et non financiers de la performance d'une entreprise.

Afin de couvrir tous ces aspects, des entrevues ont été menées auprès de cadres supérieurs de l'entreprise pétrolière, avec l'investisseur franchisé et gestionnaire de la station-service étudiée, ainsi qu'avec des clients et des employés, pour remplir un canevas VPD - « Value proposition design » - (Osterwalder et al., 2015).

Le résultat de cette démarche se trouve dans l'annexe A. Ce canevas fournit des arguments nécessaires pour répondre aux besoins stratégiques de l'entreprise (« gain creators » et « pain realievers »), où on sorte ici les principaux :

- Service rapide et courtois : Connaître les habitudes des clients, les heures d'achalandage de la station, pour être capable d'allouer la main-d'œuvre nécessaire au bon moment. Savoir les temps moyens dépensé par section de la station et du magasin. (« Quick and efficient service »)
- Lecture de l'environnement par rapport au comportement du client : Mesurer et dessiner le profil de chaque station de service, pour offrir un service adéquat à chaque situation. (« Automated service et Fast convenience service »)
- Offre ciblée : L'offre additionnelle basée sur les désirs du client. Dans les normes de travail de la franchise, les caissiers doivent faire une offre additionnelle pour se certifier que le client a trouvé tout ce dont il avait besoin. Parfois, l'offre d'un produit non désiré peut provoquer une situation embarrassante au client ou même paraître une vente forcée. (« Employees at right time to help the clients and offer him the best deal he can get at a gas station »).

3.1.2 Outils de mesure et contrôle du système.

Dans une station-service, le temps, la disposition des produits, le climat et la démographie de la région sont des facteurs qui peuvent changer complètement la performance des affaires. Afin de maximiser l'utilité de l'IoT dans ce contexte, nous devons répondre à des questions clés qui nous aideront à mesurer et mieux comprendre cet environnement.

Nous avons défini cinq questions stratégiques dans les affaires d'une station-service :

- À quelle période de la journée ya-t-il plus de visites et quelles sont leurs durées ?
- Quelles sections sont les plus visitées et pour combien de temps ?
- Quel jour de la semaine est le plus achalandé et quelle est la durée moyenne des visites ?
- Quel est le taux de visites dans le magasin par rapport à toutes les visites à la station-service ?
- Le prix de l'essence a-t-il une influence sur le taux de visites ?

Pour répondre à ces questions, on a identifié que pour collecter des données des clients dans une station-service où le temps des transactions est très court, il se faisait nécessaire d'avoir un système capable de capter les données spontanées des clients, c'est-à-dire, être capable de lire les actions des clients dans un très bref espace de temps.

CHAPITRE 4 CAS D'ÉTUDES

Ici on présente les études menées pendant notre recherche et application du projet pilote.

4.1 Sélection et recherche de la technologie IoT

Dans une station-service, la majorité des visiteurs arrivent en voiture pour mettre du carburant. Les résultats des recherches dans la littérature (Frank, et al., 2014) prouvent que les téléphones intelligents compatibles avec BLE peuvent être utilisés pour propager des informations d'un véhicule à un autre même pendant la conduite. Son but principal est de permettre des communications à faible énergie entre des dispositifs mobiles et des capteurs (par exemple entre un téléphone intelligent et un thermomètre à distance). Si l'on considère un tel modèle de communication, on pourrait envisager d'utiliser BLE et la RFID passifs pour l'application de cette étude. Par exemple, chaque section de la station peut être surveillée par un dispositif périphérique fixe qui identifie les dispositifs « wearables » et les véhicules (équipées avec une technologie Bluetooth ou RFID).

Une étude (Dungen, 2013) présente la visualisation contextuelle des personnes présentes sur un site, détectées par leurs tags RFID actifs identifiables. Actuellement, les informations sur le fournisseur d'appareils portables extraites par la bibliothèque « open source » pour analyser les paquets de diffusion sans fil de faible puissance (AdvLib - Wireless advertising packet decoding library) créée par la compagnie Reely Active servent à visualiser la variété des appareils qui se trouvent dans la portée de l'infrastructure du récepteur (Jameel et Dungen, 2015).

Ils ont démontré que l'identification unique des dispositifs ou de leurs fabricants peut être captée et utilisée avec succès par le biais des applications IoT contextuelles et des applications Machine-to-Machine (M2M) distribuées telles que celles présentées ci-dessus.

Cette capacité de lecture et interprétation des données permet d'abord d'établir une connexion avec les utilisateurs du système. Dans ce cas on peut transmettre les données à la plateforme d'analyse « Pareto » qui est un logiciel fonctionnant sous « advlib » qui fournirait la lecture traitée de l'environnement, tout en préservant leur vie privée et l'anonymat de l'utilisateur (Jameel et Dungen, 2015), comme montre la figure 4.1.

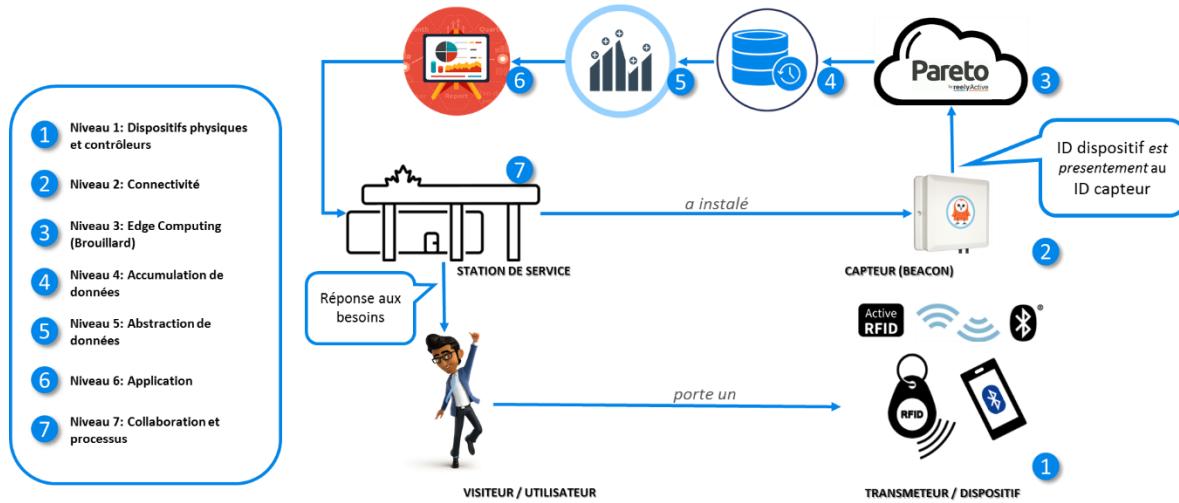


Figure 4.1 : La technologie appliquée et les niveaux de la IoT, inspiré de Jameel and Dungen (2015) et de CISCO (2014)

Dans le système IoT, pour que ces dispositifs soient détectés, ils doivent établir de manière autonome la connexion. En d'autres termes, les dispositifs IoT doivent être détectables pour que les interactions puissent avoir lieu. Pour que les visiteurs soient pris en charge, ils doivent disposer d'un dispositif électronique capable de fonctionner sur les protocoles de communication du réseau installé, et également les avoir activés pour qu'ils communiquent de manière autonome (Bluetooth activé). Alors, combien de personnes ont leurs appareils avec BLE activés ? La réponse à la question doit considérer l'appareil, le profil de l'utilisateur et le pays. Par exemple, l'Amérique du Nord a l'un des taux d'utilisation du Bluetooth les plus élevés, soit environ 40 % sur tous les appareils (Coombs, 2015). Les facteurs régionaux entre autres, signifient des variations allant de 10 % à plus de 50 %. Par exemple, les États-Unis et le Canada ont les taux les plus élevés (50 %), la Russie seulement 25 % et le Royaume-Uni environ 33 %. (Thompson, 2014).

Après avoir recherché le taux d'utilisation sur de nombreuses agences mobiles, on est parti du principe que 40 % des utilisateurs utilisent la technologie Bluetooth. Alors c'est le premier indice qu'on ne peut pas compter avec précision le nombre d'utilisateurs, d'abord on doit travailler avec un taux d'audience.

4.2 Sélection de la station pilote et analyse démographique de la région

Gas Legends, partenaire de ce projet, compte avec 12 stations-service dans les régions de Laval et de l'ouest de Montréal.

4.2.1 Analyse démographique

Le choix de l'emplacement joue un rôle très important dans le commerce de détail en raison de ses investissements élevés et à long terme. Pour choisir le site pour la réalisation du projet pilote, deux facteurs étaient d'une importance primordiale : le volume des ventes et la taille du magasin. Une fois le magasin défini, on est censé analyser le flux de personnes ainsi que la disposition des sections de produits. Dans ce contexte, nous avons choisi la station-service située à Vimont, Laval, que nous appellerons ici de station 12339. Cette station est située entre une zone commerciale et une zone résidentielle très achalandée, comme montre la figure 4.2 :

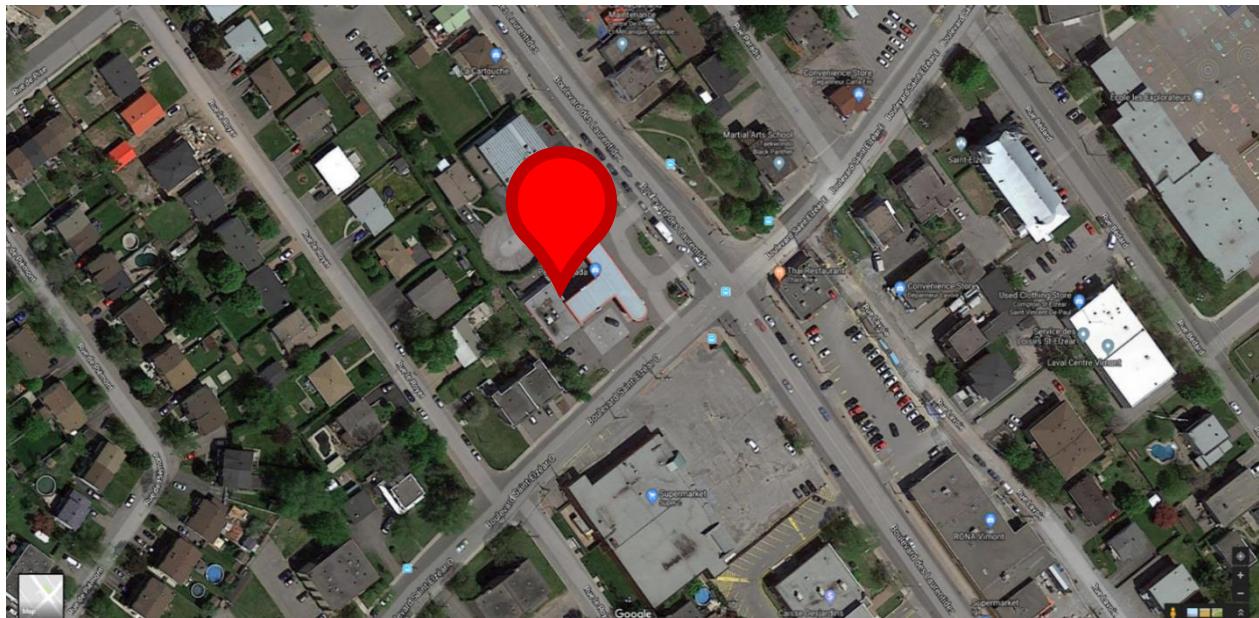


Figure 4.2 : Site 12339 - 1914, Boulevard des Laurentides (Source : Google Maps).

La population de la ville de Laval est d'environ 422.990 personnes le tableau 4.1 montre comment la région est distribuée démographiquement :

Tableau 4.1 : Démographie de Laval²

Caractéristique	Total	Sexe masculin	Sexe féminin
Population, 2016	422 990	205 505	217 485
Variation en pourcentage de la population, 2011 à 2016	5,3 %	...	...
Total des logements privés	165 686	...	...
Logements privés occupés par des résidents habituels	160 328	...	...
Nombre de voitures immatriculées (2016)	259 699	...	...
Densité de la population au kilomètre carré	1 710,9	...	...
Superficie des terres en kilomètres carrés	247,2	...	...

Comme on peut voir dans le tableau, le taux de véhicules immatriculés par habitant en 2016 correspondait à 0,61. De 2011 à 2016, le nombre de véhicules a bondi de 7 % dans les régions de Montréal, Laval, Montérégie, Laurentides et Lanaudière, selon les informations de la Société de l'Assurance Automobile du Québec³, ce qui montre que le parc automobile ne cesse pas d'augmenter. Ce taux, assez élevé, indique un potentiel commercial très fort pour les stations-service dans cette région.

4.2.2 Profil de ventes de la station pilote

La compagnie Gas Legends a pris l'administration de cette station en octobre 2016 et, depuis lors, l'entreprise essaie d'établir les meilleurs standards dans la gestion de ses magasins. Comme résultat, ses ventes ont augmenté en 4,9 % en 2017, par rapport à l'année précédente. Dans le Tableau 4.2, les catégories de produits sont classifiées par ordre du total de ventes.

²Produits de données, Recensement de 2016. Retiré de <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/index-eng.cfm>

³DONNÉES ET STATISTIQUES. (ISBN 978-2-550-75978-2). Québec (Québec) : Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 3e trimestre 2016.

Tableau 4.2 : Ventes Station 12339 (Source : Gas Legends Québec inc.)

CATÉGORIE	REPRÉSENTATIVITÉ
ESSENCE	82,29 %
LOTERIE	7,26 %
TABAC	5,14 %
BOISSONS ALCOOLISÉES	1,12 %
SERVICES COMMERCIAUX	0,81 %
AUTRES BOISSONS	0,68 %
CARTES PREPAYEES	0,67 %
FRIANDISES	0,39 %
PRODUIT AUTOMOBILE	0,33 %
PRODUITS LAITIERS	0,27 %
BOISSONS CHAUDES	0,22 %
GRIGNOTISES SALÉES	0,21 %
BOISSONS GAZEUSES COND.	0,14 %
AUTRES	0,51 %

Les carburants sont responsables d'environ 82 % du chiffre d'affaires, suivi par Loterie, Tabac et Boissons, vendues à l'intérieur du dépanneur. Le plan (Fig. 4.3) qui montre la vue de l'ensemble de la station 12339 aide à comprendre la distribution des dispositifs et terminaux dans la station-service, pour l'identification des zones d'activités pour l'installation des capteurs.

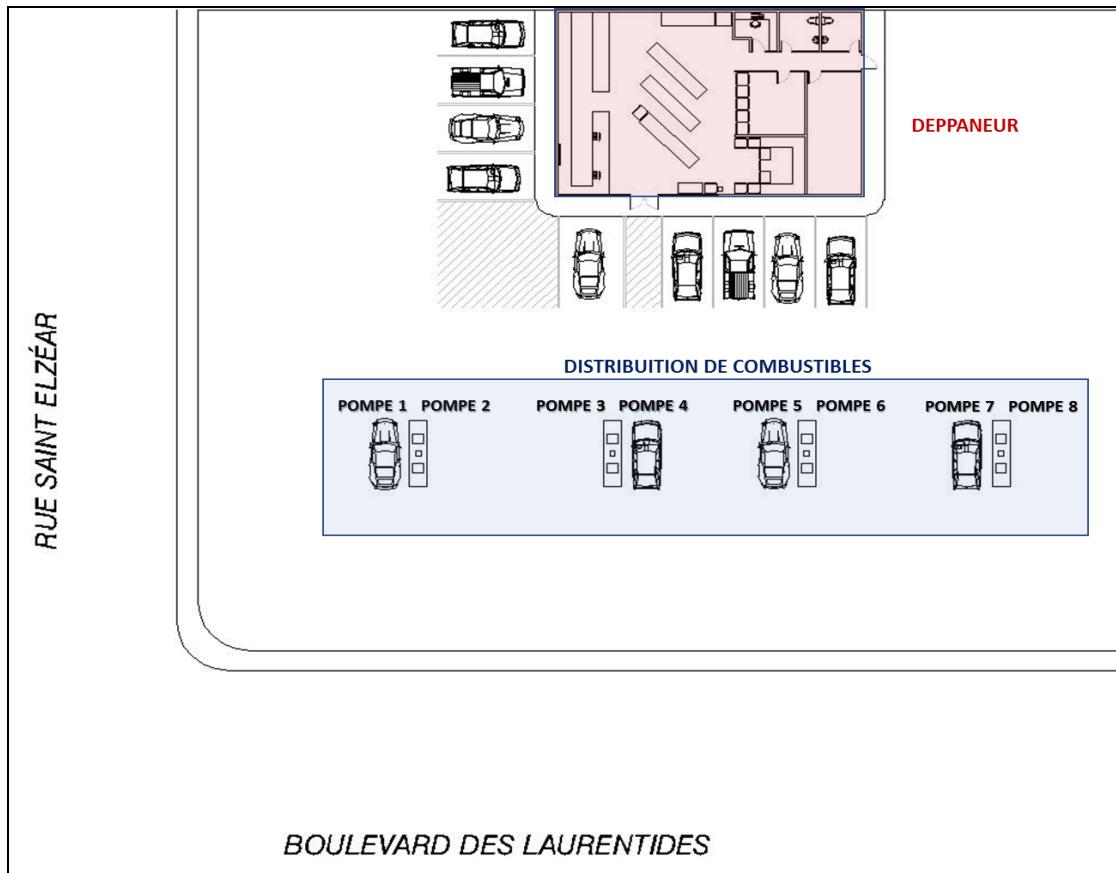


Figure 4.3 : Site 12339 — Vue de l'ensemble.

Une étude de Mizuno, Toriyama, Terano, et Takayasu (2008) a observé que 80 % des ventes des magasins de convenance (dépanneurs) représentaient environ 20 % des clients. Cela suggère que les clients fidèles sont les vrais responsables pour le succès de l'affaire des ventes au détail.

Pour augmenter les ventes des autres catégories dans le dépanneur, la disposition de produits est un facteur très important (Brijs, et al., 2004). Déterminer l'assortiment idéal de produits est toujours le rêve de chaque détaillant. D'après la littérature de marketing (Ster et Wissen, 1993), la disposition optimale de produits doit se baser sur deux prémisses importantes.

Premièrement, l'assortiment doit correspondre avec l'image du magasin. L'image d'un magasin distingue le détaillant de sa concurrence et est projetée par sa conception, sa mise en place, ses services et, bien sûr, ses produits. Par conséquent, il faut faire la distinction entre les produits de base et les produits ajoutés. Les produits de base sont des produits qui ne doivent pas être supprimés de l'assortiment, car ils constituent la matérialisation de base de la formule de magasin du détaillant. Dans notre cas, nos produits de bases sont les catégories de combustibles, loterie, tabac et boissons. Actuellement, la distribution des catégories dans le magasin en question est régie par les normes et directrices de la bannière pétrolière comme nous pouvons voir dans la Fig.4.4.

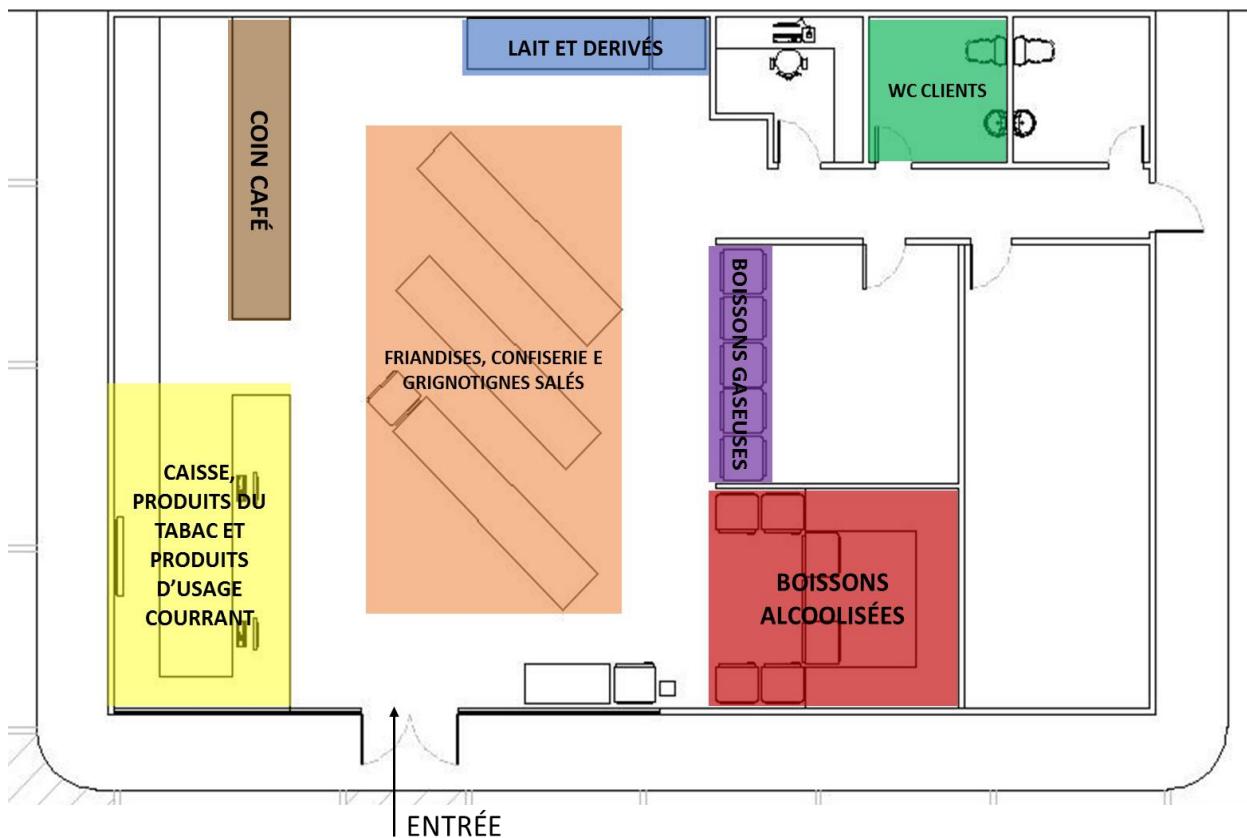


Figure 4.4 : Site 12339 — Distribution de catégories des produits dans le dépanneur.

4.3 Architecture et design du système

La première question qu'on se pose c'est où positionner les capteurs pour avoir la meilleure lecture de l'environnement du magasin. La localisation de chaque capteur aide à déterminer l'audience de chaque section et aussi à tracer le parcours de l'utilisateur dans le magasin.

Une première rencontre a été réalisé *in loco* avec les représentants de Reely Active et l'équipe de recherche, pour définir les critères d'installation et l'infrastructure nécessaire pour recevoir les capteurs et envoyer l'information à la plateforme d'analyse « Pareto ».

Le système installé se compose de :

- Un routeur hotspot Wi-Fi avec Internet mobile ;
- Quatre « beacons » (capteurs bidirectionnels) connectées à l'internet ;
- Un capteur de température/humidité avec connexion Bluetooth ;
- La plateforme de conversion des données Pareto de ReelyActive ;
- La Plateforme Google Analytics ;
- Un ordinateur portable connecté à internet pour stocker les données ;
- Un logiciel pour extraire les données importantes ;(Python)
- Le système du point de vente ; (Contrôle)
- Les rapports de contrôle de changement de prix d'essence de la compagnie. (Contrôle)

En observant la distribution des catégories dans le magasin, comme aussi les dimensions et le comportement des clients et préposés, on a divisé le magasin en quatre sections. La Caisse, où se passent les transactions d'achats et vente de tabac et loterie. Les produits laitiers et toilettes, les toilettes/ATM dans une station servent comme déclencheurs des ventes, puisque une fois arrêté au magasin pour aller à la toilette ou retirer de l'argent, le potentiel d'achat de ce client augmente beaucoup (Thang et Tan, 2003). Pour la troisième section, on a jumelé les boissons avec les tablettes des friandises et chips et la quatrième section pour l'extérieur du magasin où arrivent tous les clients et aussi où la distribution des carburants est faite. La figure 4.5 expose la division des sections mentionnées.

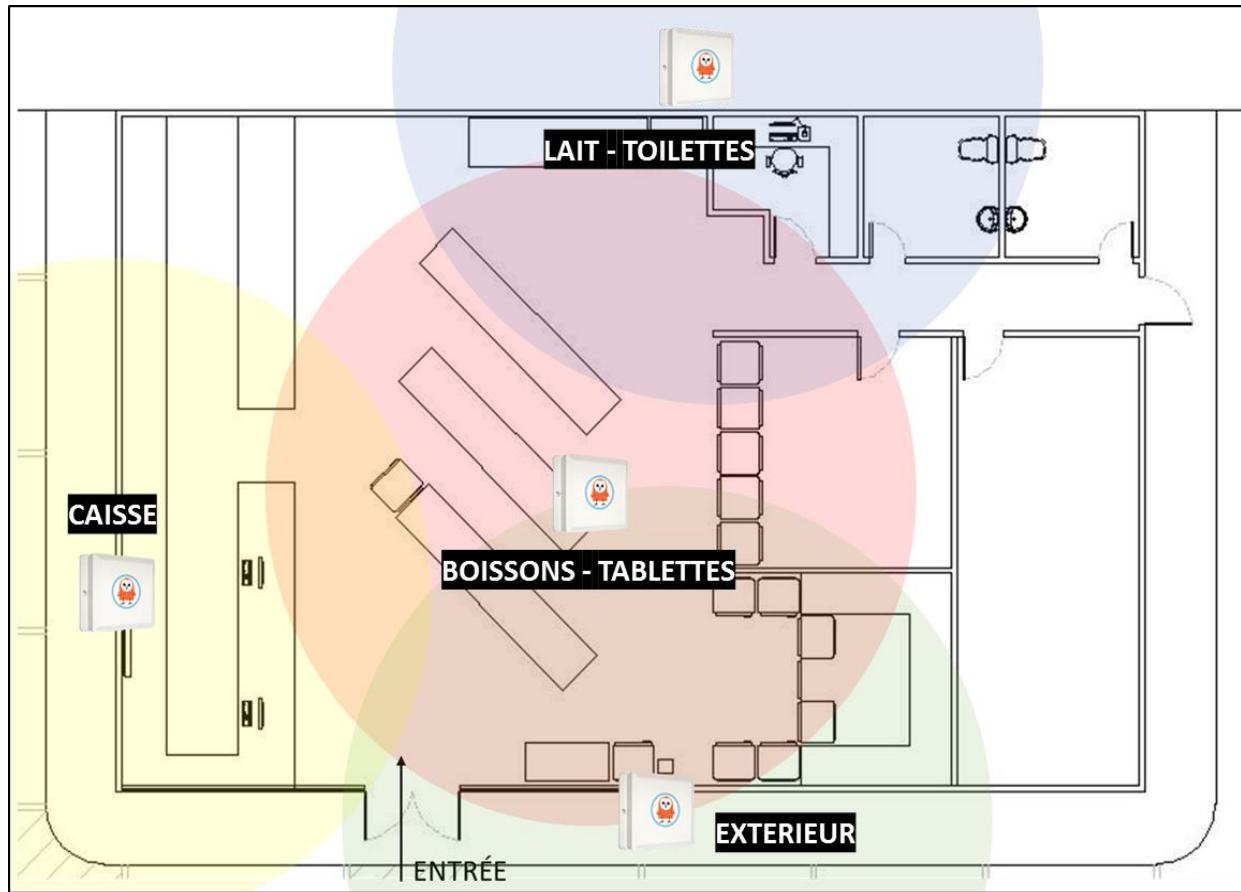


Figure 4.5 : Site 12339 — Distribution de sections dans le dépanneur.

Tous les dispositifs ont été placés à l'intérieur du magasin, dû au manque d'infrastructure à l'extérieur, et aux normes de sécurité de la régie de l'entreprise.

La figure 4.6 expose les photos de l'installation des capteurs et dispositifs :

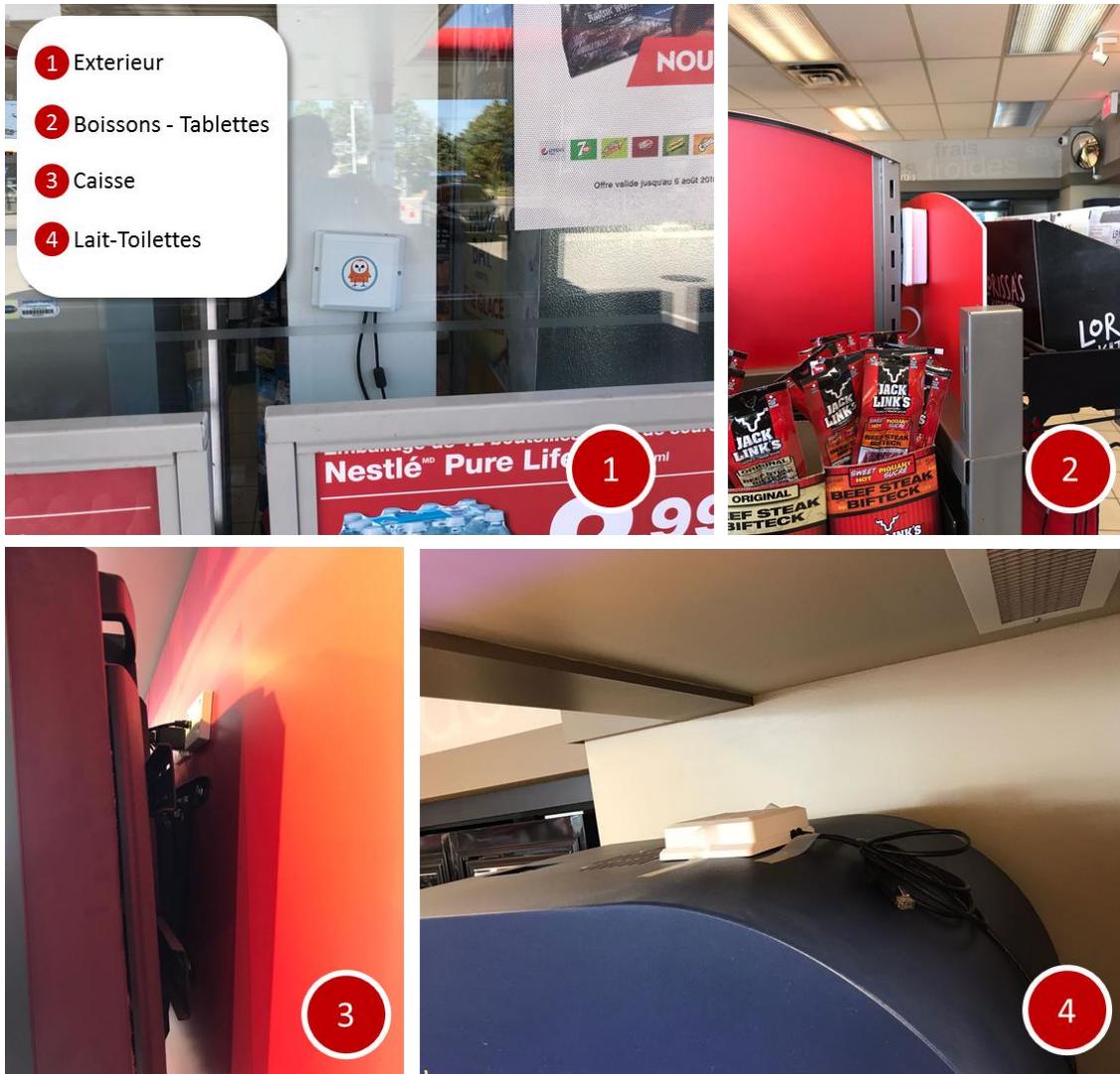


Figure 4.6 : Site 12339 — Installation des capteurs.

Du point de vue du design et développement, ce système représentait un nouveau défi, car cette proposition est une combinaison de divers artefacts techniques basés sur des paramètres et des protocoles, ce qui implique une grande adaptation aux systèmes technologiques de l'entreprise conçus il y a plusieurs années et qui sont encore en marche pour l'aide à la gestion.

4.4 Implémentation du système PSS/IoT appliqué

L'application d'un concept PSS soutenu par une technologie IoT est fondée sur la sélection d'éléments externes pour appliquer et pour assimiler aux structures existantes. Bien que l'on ait vu que les activités novatrices d'une entreprise sont façonnées par une série de facteurs dans leurs environnements externes et internes, Tidd et Pavitt (2011) déclarent que cela est déterminé par deux questions clés : premièrement, par l'état actuel et futur des connaissances scientifiques et technologiques et, deuxièmement, par les limites de la compétence et de la capacité des entreprises.

Cependant, les modèles d'affaires des stations-service sont très conservateurs et aussi très concurrentiel, ces facteurs peuvent être au même temps propulseurs et restrictif pour l'implémentation d'une nouvelle technologie. Les capacités requises pour permettre l'efficacité du projet comprenaient celles requises pour répondre aux besoins stratégiques de l'entreprise (Section 3.1).

4.4.1 Niveau 1 : Dispositifs physiques et contrôleurs

Les dispositifs BLE installés aux endroits présentés à la figure 4.6 permettent de capter le mouvement des clients en temps réel. Cette information constitue un flux d'événements qui est acheminé vers des services complémentaires tels que Pareto et Google Analytics. Il y a juste un type de donnée : c'est un événement géré en conséquence d'une interaction entre un dispositif identifiable par radio et l'infrastructure de réception.

4.4.2 Niveau 2 : Connectivité

La connectivité du système est assez simple. On a pris un forfait d'internet mobile et configuré dans un appareil « hot-spot » mobile. Le Wi-Fi des capteurs a été configuré, en substituant le SSID (Service Set Identifier) et le mot de passe pour ceux du réseau internet configuré. Les capteurs sont configurés pour envoyer les données des événements à la plateforme « Pareto » de Reely Active.

4.4.3 Niveau 3 : Traduction (Computation de Borde)

Ce niveau comprend un évènement divisé en quatre étapes :

1. Apparition : Indique que le périphérique est détecté pour la première fois sur un point d'intérêt.
2. Rester-en-vie : Indique que l'appareil continue à être détecté et n'a pas été déplacé. L'état « rester-en-vie » est envoyé périodiquement (généralement toutes les secondes) pour indiquer que le périphérique reste au même point d'intérêt.
3. Déplacement : Indique que l'appareil s'est déplacé vers un autre point d'intérêt. Spécifiquement, cela indique que le dispositif est détecté à un RSSI (« Received Signal Strength Indicator ») plus fort par un récepteur radio différent que précédemment.
4. Disparition : Indique que l'appareil n'est plus détecté à aucun point d'intérêt. En règle générale, cela signifie que l'appareil est hors de portée de tous les récepteurs radio.

Les données d'un événement capté ont trois composants, « timestamp » (horodatage), « radio decodings » (décodages radio) et « Identifier » (Identification), d'où le fabricant du produit (ReelyActive) appelle d'un évènement TIRAIID (ti-ra-id) (Dungen, 2013), chacun décrit ci-dessous.

Le « Time Stamp » (TI) est reçu dans le standard d'horodatage ISO 8601, inclut la date et l'heure du jour en UTC (« Universal Time Coordinated »), avec une précision de l'ordre de la milliseconde. Exemple, figure 4.7. L'horodatage représente l'interprétation par la plate-forme « Pareto » de l'heure de la transmission radio de l'appareil qui a déclenché l'événement donné.

```
"timestamp": "2018-05-19T18:55:06.702Z",
```

Figure 4.7 : Time-Stamp

La « Radio Decoding » (RA) comprend l'identificateur du récepteur radio, ainsi que l'indication de la force du signal reçu, ou rssi. Le premier décodage radio représente le récepteur radio le plus proche de l'appareil, en d'autres termes, l'emplacement du périphérique.

```

"radioDecodings": [
  {
    "identifier": {
      "type": "EUI-64",
      "value": "001bc50940820011"
    },
    "rssi": 143
  }
],
"associationIds": [
  "004c"
]

```

Figure 4.8 : (Radio decoding)

L'identifiant « identifier » (ID) de l'émetteur comprend la totalité de la charge utile de sa transmission. La valeur de l'identificateur, ainsi comme les données du fabricant du dispositif.

```

{
  "identifier": {
    "type": "ADVA-48",
    "value": "444221cdf852",
    "advHeader": {
      "type": "ADV_IND",
      "length": 36,
      "txAdd": "random",
      "rxAdd": "public"
    },
    "advData": {
      "flags": [
        "LE General Discoverable Mode",
        "Simultaneous LE and BR/EDR to Same Device Capable (Controller)",
        "Simultaneous LE and BR/EDR to Same Device Capable (Host)"
      ],
      "manufacturerSpecificData": {
        "companyName": "Apple, Inc.",
        "companyIdentifierCode": "004c",
        "data": "0c0e00a7e96c74b8c89a6135102830a710050b10f4334c",
        "handoff": {
          "length": 14,
          "data": "00a7e96c74b8c89a6135102830a7"
        },
        "nearby": {
          "length": 5,
          "data": "0b10f4334c"
        }
      }
    }
  }
}

```

Figure 4.9 : Identifier

4.4.4 Niveau 4 et 5 : Accumulation et abstraction des données.

Dans ce niveau on doit tout d'abord configurer la plateforme en accord avec la distribution et l'architecture installées physiquement dans le magasin. La figure 4.10 illustre la configuration d'un capteur dans la plateforme « Pareto ».



Figure 4.10 : Configuration du capteur dans la plateforme

On a nommé les 4 capteurs avec les noms des sections établies dans le magasin. Après avoir configuré toutes les exigences dans Pareto, le système est prêt pour le stockage des données. Ci-dessous nous avons la capture d'écran de la plateforme configurée.

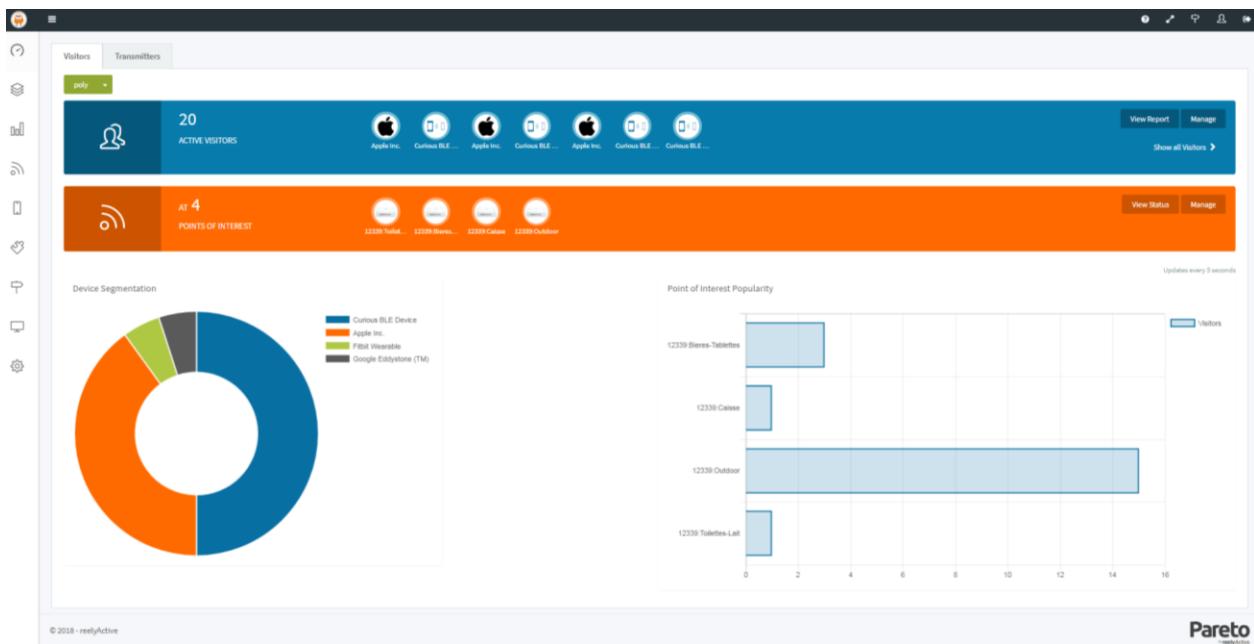


Figure 4.11 : Configuration de la plateforme Pareto

Les données brutes sont traduites et filtrées, pour faciliter la visualisation de l'ensemble des activités. Le tableau de bord de la plateforme est divisé en 4 sections : Utilisateurs actifs, points d'intérêt (capteurs/sections), la segmentation des dispositifs connectés et la popularité de chaque section du magasin.

Pour l'accumulation des données brutes, on a utilisé deux types de ressources disponibles, premièrement on a lié la plateforme Pareto à Google Analytics. Google Analytics, c'est un service d'analyse de sites internet gratuit, du nombre de visiteurs, la durée des visites, d'où viennent les visiteurs, quel chemin et quel matériel utilisent-ils pour accéder à un site. En outre, il est également utilisé, car Google Analytics est un service gratuit offert par Google qui génère des statistiques détaillées sur les visites sur un site Web, et qui est une application conviviale avec la garantie de la technologie. Donc, on peut avec cette liaison traduire les données physiques en données « web ».

La figure 4.12 montre les taux de visites de chaque section représentée sur Google Analytics.

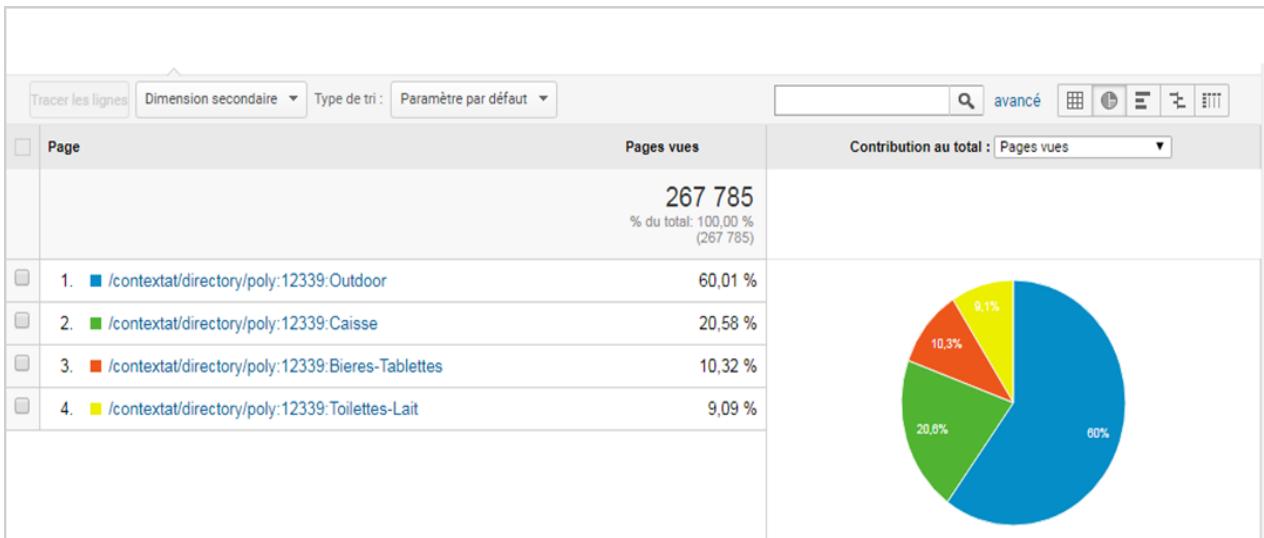


Figure 4.12 : Exemple Google Analytics

Deuxièmement, on a connecté un ordinateur portable au serveur de Pareto et recueilli toutes les données brutes pendant trois semaines. Ces données ont été stockées en format « .csv » (valeurs séparées par virgules). La figure 4.13 montre un extrait de ces données converties en format Microsoft Excel (.xls).

time	event	sessionId	sessionDuration	deviceID	deviceTags	deviceURL	rssi	receiverID	receiverTags	receiverDir	receiverURL	position	isPerson
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	8991750	c809edded903	AppleTV	https://sniffypedia.org/Ori	138 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40145899	ec233fs0034	temperature | h	https://www.reelyactive.c	162 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729215	unlikely				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	1912326	2091484bb4c	indoorposition|ir	https://sniffypedia.org/Pn	156 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:B undefined	-73.729383	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40149866	2091484bb3f	indoorposition|ir	https://sniffypedia.org/Pn	167 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40150892	ec233fs0034	temperature | h	https://www.reelyactive.c	162 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729215	unlikely				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40151216	2091484bb4c	indoorposition|ir	https://sniffypedia.org/Pn	159 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:T undefined	-73.729433	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40152102	2d41a12608f	audio	https://sniffypedia.org/Ori	140 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				
152332E+12	appearance	7265656e-000	3463b6605654	curious		https://sniffypedia.org/Pn	146 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	possibly				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	8999718	c809edded903	AppleTV	https://sniffypedia.org/Ori	139 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	1918309	2091484bb4c	indoorposition|ir	https://sniffypedia.org/Pn	157 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729215	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40154880	2091484bb3f	indoorposition|ir	https://sniffypedia.org/Pn	167 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:T undefined	-73.729433	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	276083	69eb626c723	iOS | fb?	https://sniffypedia.org/Ori	137 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:B undefined	-73.729383	yes				
152332E+12	displacement	7265656e-000	276500	69eb626c723	iOS | fb?	https://sniffypedia.org/Ori	137 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:T undefined	-73.729433	yes				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40156081	2091484bb4c	indoorposition|ir	https://sniffypedia.org/Pn	159 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				
152332E+12	displacement	7265656e-000	277689	69eb626c723	iOS | fb?	https://sniffypedia.org/Ori	144 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	yes				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40157137	ec233fs0034	temperature | h	https://www.reelyactive.c	163 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	unlikely				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	40159060	2d41a12608f	audio	https://sniffypedia.org/Ori	140 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				
152332E+12	keep-alive	7265656e-000	8904565	c809edded903	AppleTV	https://sniffypedia.org/Ori	138 001bc509408 Owl-in-one poly:12339:C undefined	-73.729287	no				

Figure 4.13 : Event log – Accumulation et abstraction des données

La figure 4.13 est divisée en 14 colonnes, la colonne « time » c'est l'heure que l'évènement a été capté, la colonne « event » c'est l'étape de l'évènement qu'on a expliqué à la section 4.4.3, « sessionId » c'est l'identificateur de chaque session, « SessionDuration » la duration de chaque session en millisecondes, « DeviceTags » le fabricant ou type de dispositif détecté, le « deviceURL » l'adresse associé au dispositif, « rssi » c'est la force du signal capté, « receiverDirection » c'est l'identification de chaque capteur, « receiverURL » l'adresse des capteurs, « position » La géolocalisation configurée de chaque capteur et finalement « IsPerson », c'est l'identification de si le dispositif détecté est porté par une personne ou non.

4.4.5 Niveau 6 et 7 : Application, collaboration et processus

Comme on a vu précédemment, les données accumulées par les capteurs permettent de connaître le taux d'audience, le taux de popularité de chaque section (capteur installé), ainsi que l'heure de ces visites. Cependant, ces données ne deviennent intéressantes que si on peut extraire quelque chose important pour l'amélioration du système de service existant.

On a pu utiliser les données collectées pour mesurer le taux de visite horaire du magasin, puisque le système de gestion actuel ne permet pas de générer des rapports du numéro des transactions segmentées au fil du temps, il fournit plutôt un rapport de ventes divisé par le total des ventes de chaque catégorie.

Une autre piste collectée qui permet d'améliorer les services, c'est le temps de permanence du client dans la station et les taux de visite de chaque section. La compagnie pétrolière en question

investit beaucoup au niveau de la standardisation des services pour savoir quoi et quand offrir un service aux clients. Le temps dépensé dans la station peut être croisé avec la charge d'activité horaire pour savoir quelles sont les heures les plus propices aux offres.

La compagnie réalise aussi une veille de prix de la concurrence. Trois fois par jour, le responsable de la station doit faire l'enquête des prix chez les concurrents les plus proches et rapporter à la compagnie. Ces enquêtes permettent d'analyser le niveau d'influence du prix des combustibles dans le taux d'activité de la station de services. C'est-à-dire, si le jour où l'essence est plus chère est le jour moins visité et vice-versa.

4.5 Tests et analyses

Pour valider si les données collectées ont le potentiel désiré à la section antérieure on a fait cinq tests.

Le premier test consistait à analyser si la charge d'activité captée correspondait à la réalité. Pour cela, on a collecté les données pour une période de 15 jours et comparé avec le nombre des transactions réalisées.

Dans le deuxième essai, on a comparé les ventes par heure avec la captation d'activité horaire.

Troisièmement, on a fait une comparaison entre le temps moyen de visite capté et le temps moyen réel chronométré pendant les trois quarts de travail de la station.

Quatrièmement, on a essayé de valider la force du signal (RSSI) capté par rapport à distance de l'appareil, c'est-à-dire si l'appareil plus proche du capteur (« beacon ») a le RSSI plus fort qu'un autre plus éloigné. Ce test nous aide à comprendre si le taux de visite de chaque section captée est toujours vrai ou s'il peut être « trahi » par des émissions d'appareils mobiles plus forts que d'autres.

Finalement on a comparé les taux de visite de la station avec la fluctuation du prix de l'essence, pour vérifier l'influence du prix dans la charge d'activité.

4.6 Améliorations et Actualisations

L'évolution du service en large dans la compagnie doit être encadrée dans un ensemble de normes. Il faut partir du principe que ce système doit être intégré à d'autres technologies et au

système de la compagnie. Cependant, l'IoT implique de nombreux fabricants, couvre plusieurs industries et diffère largement dans les scénarios d'application (Chen, et al., 2014).

Ces standards posent quelques problèmes de détection et communication lorsqu'on analyse les données et on a des difficultés à lire avec précision les données, telles que la durée du contact et le taux de retour de ce contact. Ces problèmes sont exposés après la discussion des résultats à la section 6.2.

CHAPITRE 5 RÉSULTATS

Dans cette section on discute les résultats et applications de la technologie dans le contexte d'une station-service. Les cinq essais décrits dans l'item 4.5 ont été réalisés dans cette étape de l'étude, selon les conditions suivantes.

5.1 Activité du système versus Activité réelle

Cet essaye a été la première étape de la validation du système, on a accumulé les données pendant 15 jours dans Google Analytics et comparé avec les rapports de vente totale de la même période.

5.1.1 Activité du système IoT

L'activité du système dans Google Analytics est comptée par le nombre de visites chaque heure de la journée. La figure 5.1 montre le graphique obtenu de l'activité de la période.

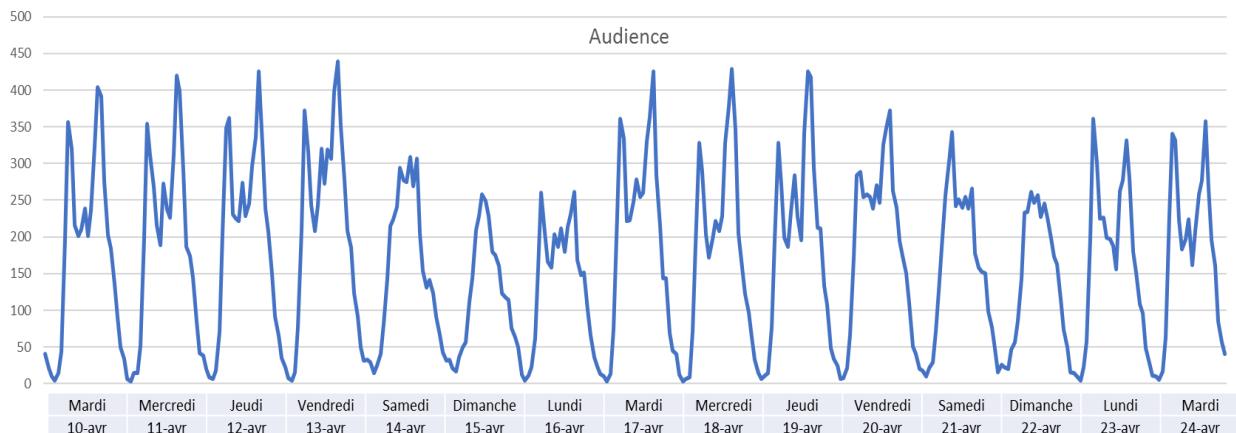


Figure 5.1 : Données de l'audience

Dans ce graphique on peut constater que la fréquence de journées se ressemblent. On a observé que pendant 24 heures, généralement, il y a trois pics d'audience. Le tableau (Annexe B) montre les heures et les journées plus achalandées. On peut voir que les trois périodes les plus achalandées sont entre 6 h et 9 h, 11 h et 12 h, et 16 h et 17 h.

À partir de ces données, on peut aussi classifier les journées par ordre de visites captées. Les données captées montrent aussi que la fin de semaine a généralement, un taux de visite plus petit que les jours ouvrables.

5.1.2 Activité réel (Nombre de ventes)

Pour capter l'audience réelle, l'indicateur plus recommandé serait le nombre de transactions effectuées ou comptées à l'aide d'un compteur manuel les nombre des visites pendant une période de temps, néanmoins aucune des deux, nous a sonné viable. Le nombre des transactions n'est pas enregistré par le système de gestion actuel de l'entreprise partenaire, deuxièmement on ne disposait pas du personnel pour compter les visites pendant 24 heures sur une période de 15 jours.

D'abord, on a décidé de prendre dans le rapport du résultat de ventes par catégorie, le numéro d'items vendus, comme aussi le montant total vendu pendant chaque journée. Le nombre de ventes d'une station de service est directement lié à son taux de visites (George et Bettenhausen, 1990).

5.1.3 Validation de l'audience

Pour réaliser la validation de données captées on a croisé les résultats de la section 5.1.1 et 5.1.2 5.3 et réalisé deux types d'essays.

Le premier correspondait à comparer la quantité items vendus avec le nombre de visites captés. Deuxièmement le montant total vendu avec les nombre de visites captées (audience), tel comme montre le tableau 5.1.

Tableau 5.1 : Ventes par jour exclus les combustibles (Source : Gas Legends Québec Co.)

Rapport de ventes				Capteurs
Jour de la semaine	Jour	Quantité et Items vendus	Montant Vendu (\$)	Audience
Mardi	10-avr	1 902	3 905,26 \$	4367
Mercredi	11-avr	2 212	4 386,46 \$	4451
Jeudi	12-avr	2 377	4 998,52 \$	4638
Vendredi	13-avr	2 418	5 075,57 \$	5046
Samedi	14-avr	2 067	3 808,46 \$	3704
Dimanche	15-avr	1 492	3 262,62 \$	2791
Lundi	16-avr	1 139	2 977,86 \$	3266
Mardi	17-avr	2 258	4 757,82 \$	4565
Mercredi	18-avr	1 931	4 079,95 \$	4303
Jeudi	19-avr	2 289	4 098,20 \$	4466
Vendredi	20-avr	2 635	4 959,91 \$	4604
Samedi	21-avr	1 660	3 703,11 \$	3719
Dimanche	22-avr	1 290	2 721,77 \$	3239

Tableau 5.1 : Ventes par jour exclus les combustibles (Suite et fin)

Rapport de ventes			Capteurs	
Jour de la semaine	Jour	Quantité et Items vendus	Montant Vendu (\$)	Audience
Lundi	23-avr	1 908	3 897,08 \$	3907
Mardi	24-avr	2 077	4 251,16 \$	3931

On a constaté que les jours avec une plus grande audience ne sont pas toujours ceux qui ont eu plus de ventes. Cependant, si nous analysons la courbe d'activité de ces trois indicateurs, on obtient le graphique comme montre la figure 5.2.

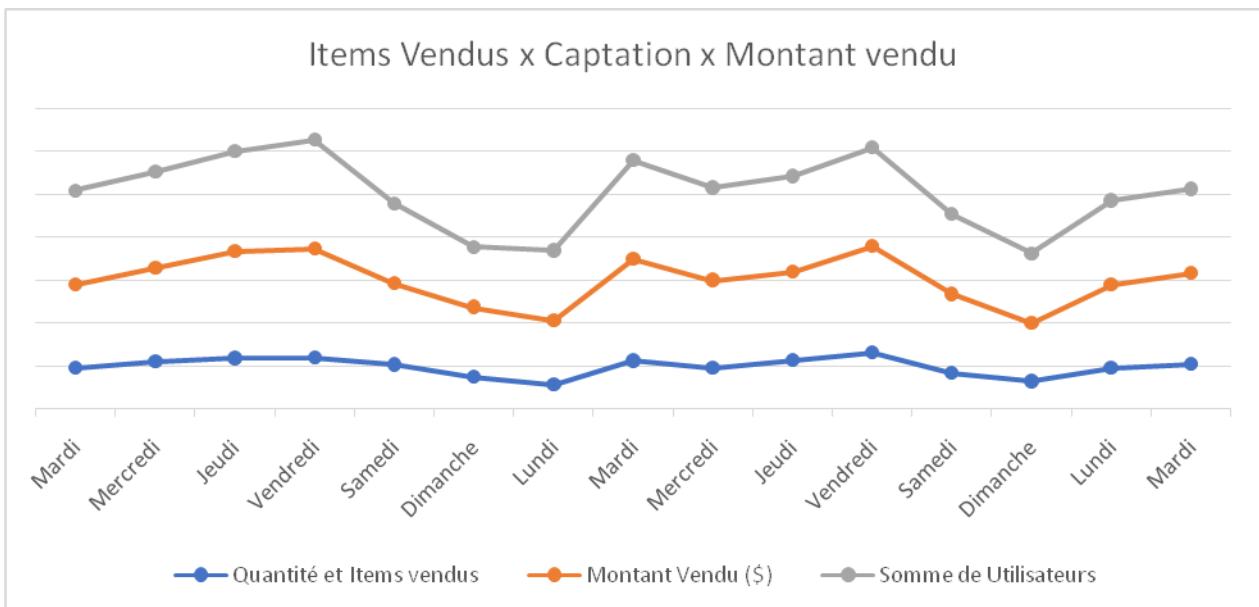


Figure 5.2 : Ventes x Captation (Résultat de la captation vs Ventes totales)

Dans la figure 5.2, on peut voir que la tendance se répète dans les trois courbes des indicateurs sélectionnés pour cette analyse. Alors, c'est possible de dire que les données captées correspondent à une image de l'activité réelle de manière générale.

5.2 Ventes horaire vs taux d'activité horaire captée.

Ce test a pour objectif, valider l'audience (charge d'activité) du système de manière plus stratifié, vu qu'un des principaux besoins stratégiques de l'entreprise, c'était de connaître les heures d'achalandage de l'station. Dans ces conditions on devait analyser l'audience dans chaque période de la journée, soit dit, vingt-quatre heures.

5.2.1 Ventes par heure

Le système de gestion de l'entreprise partenaire ne permet pas d'avoir un rapport avec les ventes par heure. Cependant, toute activité est enregistrée à la caisse (point de vente – PDV), ce qui nous a permis de sortir une enquête de ventes (enquête de quart) à chaque heure, pendant 24 heures, pour avoir les données désirées. La figure 5.3, montre un exemple d'un rapport d'enquête de quart.

ENQUETE DE QUART		
TPS: 761881929 >1		
TVP: 1223955025		
4 Jun 18	10:50 p.m.	
S/S: 12339	TERMINAL: 061233901	
Date et heure: 05 Jun 18 00:03:26		
Numéro du quart 15326		
Vente d'essence	682.31	
Groupe D'accord rabais d	-2.16	
Substitution prix d'essence	-2.16	
Autres ventes	23.36	
Dépôt total	0.00	
TPS	0.84	
TVP	0.30	
ARRONDISSEMENT	0.02	
Total ventes	704.67	

Figure 5.3 : Enquête de quart

On a recueilli vingt-quatre rapports manuels au PDV chaque heure de la journée. Ce rapport offre un total cumulatif des ventes, alors on diminue le total de ventes de l'heure présente du total accumulé des heures antérieures, le résultat, c'est le total vendu chaque heure, comme exposé dans le tableau 5.5.

Tableau 5.2 : Ventes par heures inclus les combustibles (Source : Gas Legends Québec Co.)

Date	Heure	% Ventes totales par heure
04-juin	7 h	6,54 %
04-juin	8 h	6,94 %
04-juin	9 h	6,51 %
04-juin	10 h	3,83 %
04-juin	11 h	4,09 %
04-juin	12 h	5,93 %
04-juin	13 h	4,99 %
04-juin	14 h	6,51 %
04-juin	15 h	9,29 %
04-juin	16 h	8,84 %
04-juin	17 h	10,00 %
04-juin	18 h	4,69 %
04-juin	19 h	4,05 %
04-juin	20 h	3,37 %
04-juin	21 h	3,38 %
04-juin	22 h	2,65 %
04-juin	23 h	2,27 %
05-juin	0 h	1,17 %
05-juin	1 h	0,56 %
05-juin	2 h	0,10 %
05-juin	3 h	0,10 %
05-juin	4 h	0,11 %
05-juin	5 h	0,70 %
05-juin	6 h	3,39 %

5.2.2 Activité capté 24 heures (Audience)

Dans la plateforme de Google Analytics, on a filtré l'audience par heure et on a obtenu le tableau 5.3.

Tableau 5.3 : Taux de visites par heure (Source : Google Analytics.)

Date	Heure	Charge captée
04-juin	7 h	296
04-juin	8 h	271
04-juin	9 h	244
04-juin	10 h	186
04-juin	11 h	238
04-juin	12 h	265
04-juin	13 h	218
04-juin	14 h	277
04-juin	15 h	339
04-juin	16 h	333
04-juin	17 h	353
04-juin	18 h	224
04-juin	19 h	166
04-juin	20 h	147
04-juin	21 h	118
04-juin	22 h	82
04-juin	23 h	63
05-juin	0 h	30
05-juin	1 h	15
05-juin	2 h	15
05-juin	3 h	11
05-juin	4 h	14
05-juin	5 h	76
05-juin	6 h	258

5.2.3 Validation de l'audience par heure.

Pour valider les données captées, le taux d'audience par heure devrait suivre la même tendance que les ventes, tel que confirmé dans notre premier test. Pour cela, on a croisé l'audience captée avec les ventes des 24 heures. Le graphique ci-dessous montre le résultat.

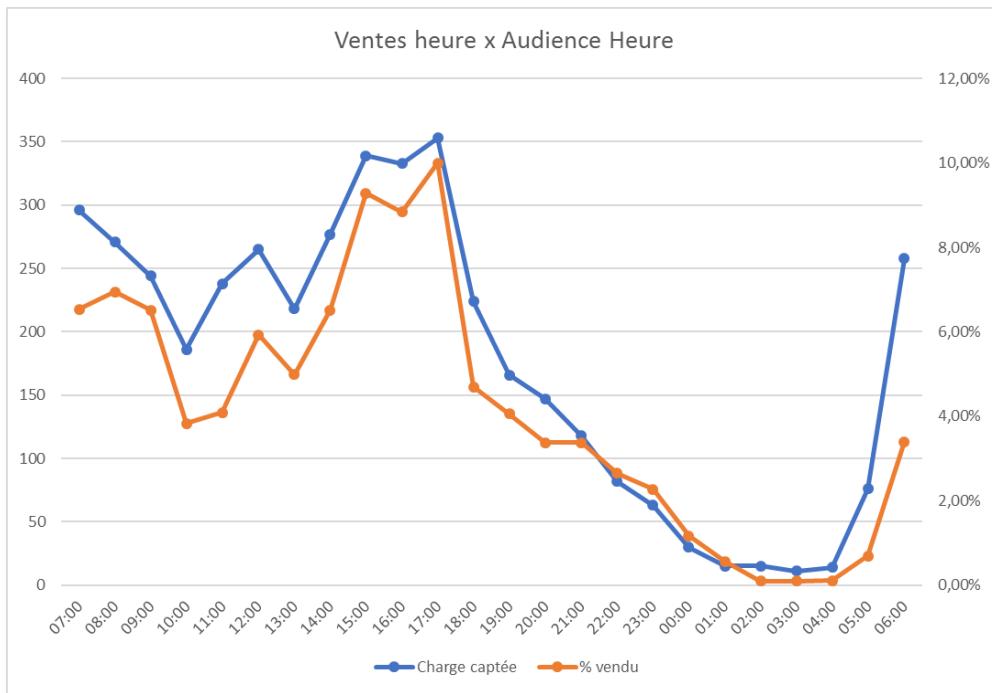


Figure 5.4 : Ventes 24 heures vs Audience 24 heures. (Inspiré en Gas Legends et Google Analytics)

On peut constater que la courbe des deux indicateurs a la même forme avec des petites divergences. Cela suggère que l'audience captée est un indicateur fiable pour mesurer le taux d'activité dans la station de service.

5.3 Durée réelle versus durée captée.

Les tests antérieurs confirment l'efficacité du système de l'audience dans un niveau macro. Cependant, on a aussi besoin de comprendre le comportement du client lors de sa visite, quelles sont les durées des visites et comme sont-elles distribuées pendant la journée. En ce faisant, on a comparé la durée des visites chronométrées avec la durée des visites captées par notre système.

5.3.1 Durée moyenne réelle.

Pour mesurer la durée des visites, nous avons chronométré la durée de visites des 100 clients entre 6 h et 9 h, 11 h et 13 h, et 16 h et 18 h, du mardi 17 avril. Le temps a été compté à partir de l'approximation du client à moins de 5 mètres de la porte du magasin. Les résultats de moyennes obtenus sont exposés dans le tableau 5.6.

Tableau 5.4 : Moyennes des durées des visites chronométrées.

Période	Moyenne chronométrée(en secondes)
06 à 09	109
11 à 13	115
16 à 18	96

5.3.2 Durée captée.

Les données brutes captées sont stockées dans Google Analytics dans le format de la moyenne des visites par heure. Alors, on a utilisé la moyenne générale des trois périodes de temps, comme montre le tableau ci-dessous.

Tableau 5.5 : Moyennes des durées des visites captées (Source : Google Analytics)

Date	Heure	Utilisateurs	Durée captée	Moyenne captée (en secondes)
17-avr	6 h	230	57,58	49,87
17-avr	7 h	361	55,89	
17-avr	8 h	334	47,59	
17-avr	9 h	222	38,44	
17-avr	11 h	248	52,59	55,58
17-avr	12 h	278	56,32	
17-avr	13 h	254	57,83	
17-avr	16 h	363	41,44	46,91
17-avr	17 h	426	59,71	
17-avr	18 h	284	39,58	

5.3.3 Validation de la durée captée.

On peut voir que les moyennes captées ne correspondent pas à celles chronométrées, par contre les deux captations suivent la même tendance pendant la journée (figure 5.5). Cela est dû au temps de reconnaissance des dispositifs par les capteurs. La durée calculée d'une session dans Pareto est le nombre de millisecondes écoulées depuis l'observation de la première transmission du périphérique. Si un appareil transmet en continu, le temps capté doit être égal au chronométré, cependant les téléphones intelligents ne transmettent pas en continu, donc la durée d'une session va être le temps écoulé entre la première transmission et la dernière transmission de l'appareil (Dungen, 2013).

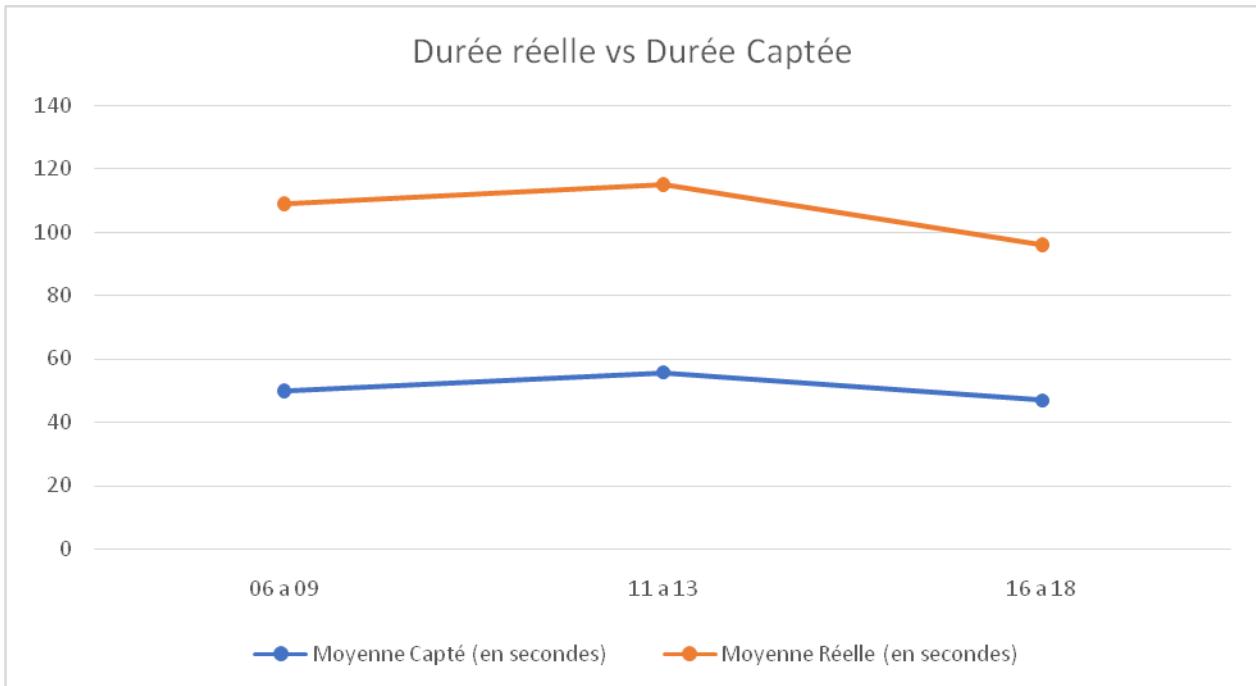


Figure 5.5 : Temps de visite chronométré vs Temps de visite capté

Cette tendance, confirme encore une fois l'efficacité du système dans un niveau général, c'est-à-dire, on peut savoir quelles périodes de la journée les clients restent plus longtemps, mais on ne peut pas déterminer quels sont ces périodes avec précision.

5.4 Validation du RSSI capté.

Ce test a été réalisé dans le cadre d'un autre projet de recherche qui a été menée simultanément à celui-ci (Nassif, 2018) dont le but était d'utiliser les techniques de « data mining » afin de trouver des tendances parmi les données captées. Le test a eu comme objectif d'évaluer l'efficacité des capteurs dans la détection de l'emplacement du client. Basée sur le RSSI de chaque dispositif capté, la plateforme peut calculer sa proximité du capteur.

Il est connu par la littérature que l'intensité du RSSI diminue à mesure que la distance entre l'émetteur et le récepteur augmente, car le signal consomme une partie de l'énergie utilisée dans la transmission pendant son trajet. Alors, plus la distance est grande, plus la force du signal RSSI est faible (Pires, et al., 2011). Le RSSI, qui est généralement une mesure calculée en dBm, indique la puissance à laquelle le signal radio a été transmis ou reçu par un capteur donné (Thottam et al 2009).

Pour toute transmission sans fil, le récepteur le plus proche peut être estimé simplement comme ayant la plus grande puissance de signal reçu (RSSI). La granularité d'emplacement est déterminée par l'espacement et le placement des récepteurs (Dungen, 2013).

Selon Parameswaran (2009), le RSSI est défini comme le logarithme du rapport de puissance du signal reçu et de la puissance de référence (par exemple, 1 mW).

On sait que la puissance se dissipe d'une source ponctuelle lorsqu'elle s'éloigne et que la relation entre puissance et distance est que la puissance est inversement proportionnelle au carré de la distance parcourue.

Pour faire les conversions, il a utilisé un dispositif portable (Fitbit), qui a été rapproché de chaque capteur, afin de suivre les données positionnelles et temporelles de cet appareil à chaque position. Le dispositif a été exposé dans douze différentes places du magasin pendant une minute pour capter le temps et le RSSI.

Malheureusement les résultats obtenus n'ont pas été conclusifs puisque dans le cas, on avait des captations avec des RSSI plus forts même en étant plus éloigné du capteur et vice versa. Les erreurs de lecture peuvent être attribuées aux limitations du scénario d'étude, comme la taille du magasin, la diversité d'appareils et des différents obstacles présents. Un autre facteur d'influence

peut être l'endroit où le visiteur porte l'appareil, car dépendamment de place sur le corps, le dispositif peut émettre un RSSI différent.

5.5 Influence du prix de l'essence dans le taux d'activité.

Le prix d'essence varie pendant la semaine. Contrairement à d'autres produits, les prix de l'essence sont affichés sur de grands panneaux le long d'artères et à des intersections pour attirer la clientèle. Lorsqu'un détaillant baisse ses prix, les autres détaillants généralement ajustent les leurs pour éviter de perdre des clients. Les prix peuvent alors changer plusieurs fois de suite. Ces périodes de concurrence sont souvent appelées « guerres des prix ».

Plusieurs facteurs poussent les prix de l'essence à la hausse ou à la baisse, les variations dans les prix mondiaux du pétrole brut, l'approvisionnement disponible pour répondre à la demande, la concurrence locale entre les détaillants, la demande saisonnière, p. ex. la hausse de la demande d'essence durant la saison de conduite d'été, les niveaux des stocks.

Pour mieux comprendre le niveau d'influence de la variation de l'essence dans le taux d'activité du magasin nous avons capté l'historique de prix d'essence pendant trente jours et comparé avec la variation de l'activité, comme montre le tableau 5.5.

Tableau 5.6 : Prix d'essence (Source : Gas Legends Québec Co.)

Jour de la semaine	Jour	Audience (Captée par le système)	Prix d'essence (\$/litre)
Mardi	10-avr	4367	1,389
Mercredi	11-avr	4451	1,379
Jeudi	12-avr	4638	1,339
Vendredi	13-avr	5046	1,389
Samedi	14-avr	3704	1,419
Dimanche	15-avr	2791	1,409
Lundi	16-avr	3266	1,379
Mardi	17-avr	4565	1,339
Mercredi	18-avr	4303	1,319
Jeudi	19-avr	4466	1,429
Vendredi	20-avr	4604	1,389
Samedi	21-avr	3719	1,379
Dimanche	22-avr	3239	1,379
Lundi	23-avr	3907	1,349
Mardi	24-avr	3931	1,459
Mercredi	25-avr	3535	1,429
Jeudi	26-avr	4608	1,399
Vendredi	27-avr	4968	1,369
Samedi	28-avr	3893	1,359
Dimanche	29-avr	2925	1,349
Lundi	30-avr	4435	1,339
Mardi	01-mai	5049	1,459
Mercredi	02-mai	4780	1,429
Jeudi	03-mai	4864	1,399
Vendredi	04-mai	5129	1,379
Samedi	05-mai	3964	1,379
Dimanche	06-mai	3422	1,369
Lundi	07-mai	4616	1,339
Mardi	08-mai	4666	1,329
Mercredi	09-mai	4792	1,444

Comme montré dans le graphique ci-dessous, il y a une corrélation entre la variation de la charge d'activité (audience) en fonction du prix de l'essence. Il faudrait une analyse de nature statistique pour essayer d'établir quelque corrélation dans ce sens.

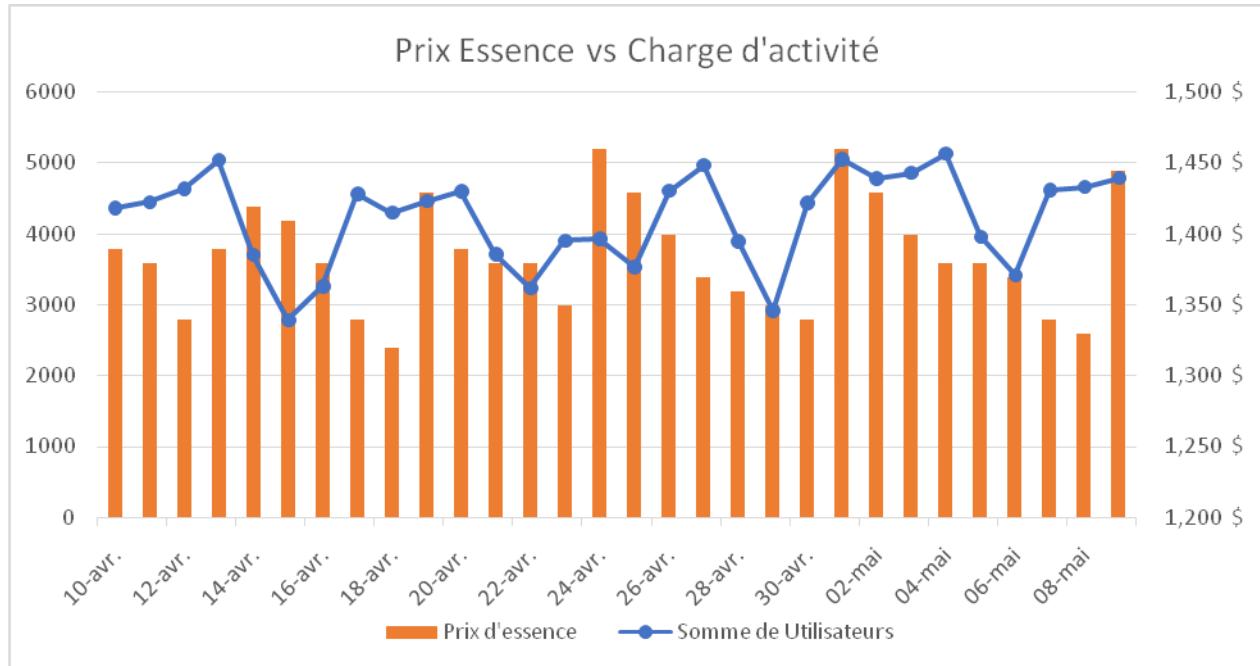


Figure 5.6 : Ventes x Captation (Inspiré en Gas Legends et Google Analytics)

CHAPITRE 6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette mémoire a abordé la conception d'un système de produits et services basé sur l'IoT dans le format d'un réseau de capteurs sans fil lié à une plateforme d'acquisition et traitement des données, dans le but d'une collecte d'informations autour des clients sur leur comportement et leurs habitudes.

6.1 Synthèse des travaux

Tout d'abord, l'étude de la littérature menée a visé à comprendre les différentes technologies IoT, comme connaître aussi un peu de son histoire et le niveau d'actuation. Nous avons aussi étudié les paramètres nécessaires pour l'implémentation d'un système de produits et services.

Deuxièmement on a rencontré les agents responsables de l'entreprise pour connaitre leurs besoins et expectatives. À partir de leurs réponses, on a sorti le design de la proposition de valeur de l'entreprise (VPD) partenaire pour la conception d'un projet pilote avec la technologie IoT. Ce projet s'inscrit dans le contexte applicatif des stations de services. Puisque cette réalité est peu étudiée, nous proposons une méthode pour la sélection de la technologie, la définition du niveau d'analyse et la mise en pratique.

Grâce au modèle, on a pu étudier l'ensemble du processus d'acquisition de données et de communication, assurant la transmission d'informations en direct vers une plateforme et permettant tracer un profil de l'audience qui impacte de façon très positive dans l'allocation de la main d'œuvre et dans l'offre des services aux clients.

Les expériences avec le système utilisé suggèrent que l'utilisation de la technologie des capteurs Bluetooth pourrait être approprié pour une niche spécifique d'applications comme la surveillance de la charge d'activité humaine dans le commerce au détail, aussitôt que dans d'autres secteurs, comme dans grands centres commerciaux et l'industrie.

Un autre aspect dont le développement est également envisagé, est l'application de ce système dans plusieurs stations différentes, pour analyser et tracer un profil de l'audience de chacune, afin de vérifier l'influence de la localisation de l'établissement dans sa charge d'activé.

Néanmoins, comme nos résultats le soulignent, l'adoption d'une technologie IoT pour la mesure du comportement du client à l'intérieur de l'établissement n'est pas précise. Dans un

environnement très dense et très mobile comme une station de service, peuvent se produire de nombreuses collisions entre les dispositifs, le type de transmission de chaque appareil et la distance entre les capteurs peuvent également entraîner des réceptions de données erronées. Un travail sur des méthodes d'acquisition de données de chaque fabricant d'appareils mobiles est à présent nécessaire, l'ajout d'un calcul de la correction et redondance des données acquises peut aussi possiblement corriger ces erreurs. De plus, il sera bénéfique à l'entreprise partenaire d'investir dès le début dans la mise en place d'un système de gestion plus actuel et dans les moyens nécessaires pour éliminer les zones grises et les limitations dans la gestion et contrôle de l'affaire.

6.2 Limitants du projet

Comme mentionné dans la méthodologie, ce projet consistait d'une séquence itérative des phases dans lesquelles les problèmes génèrent les solutions, dans l'ordre qu'on expose ici-bas.

Système de gestion de l'entreprise

Le premier limitant c'était le design du système de gestion actuel de l'entreprise. Le système a été développé basé sur la vente de combustibles, adapté à un système de gestion de franchises des années 90. Le système de gestion actuel est très fermé et inflexible ce qui va contre toutes les directrices d'un bon design de système, alors toute intégration ou amélioration dans la gestion, exigent un fort travail manuel. Pour avoir un résultat plus précis on aurait besoin d'avoir le taux e conversion de visites en ventes et cela ne fait pas partie d'une politique de l'entreprise et on n'a pas eu les moyennes pour avoir cette information.

Infrastructure

Les normes de l'entreprise sont très strictes quant à installation d'équipements, on a été limité à faire quelques ajustements pour s'adapter au réseau électrique existant. Pour cette raison on n'a pas pu installer un capteur à l'extérieur du magasin. La taille du magasin a aussi impacté dans la lecture des capteurs. Les émissions des appareils ne sont pas semblables, donc une distance d'à peine quelques mètres n'est pas assez pour une lecture claire.

Le magasin ne possède pas de réseau Wi-Fi, donc la solution trouvée a été l'abonnement à un forfait d'internet mobile et l'utilisation d'un router sans fil avec la limitation d'un maximum de cinq dispositifs (4 capteurs et 1 ordinateur) connectés sur internet.

Technologie

L'autre facteur limitant c'est l'incertitude du système lecture du système « Bluetooth Low Energy (BLE) ». Pour que deux dispositifs puissent échanger des informations, également appelée de communication Machine-to-Machine (M2M), les dispositifs doivent d'abord être au courant de l'existence de l'un et de l'autre (Dungen, 2013). Alors ne sont pas tous les appareils que sont reconnus par notre système.

Le temps

Le facteur temps a aussi impacté dans les résultats, les tests ont été réalisés pendant 4 mois, temps insuffisant pour mener études plus approfondies et améliorations dans le système.

Le Budget

Le budget existant permettait de compter avec une seule technologie d'identification, quand on sait que la meilleure solution serait la combinaison des forces de plusieurs technologies.

6.3 Achèvement des objectifs de recherche

Notre premier objectif était d'enquêter dans la littérature existante l'application et les éléments de l'IoT. Cet objectif a été atteint. Grâce aux résultats descriptifs dans la revue de littérature on a pu identifier les éléments IoT, bien comme leur niveau (couche) d'actuation dans un système IoT.

Nos objectifs suivants demeuraient dans l'identification d'opportunités dans l'entreprise partenaire, l'implémentation et analyse du projet pilote. Ces objectifs ont pu être accomplis partiellement par nos résultats, notamment l'efficacité dans la captation des heures d'achalandage du magasin, mais des améliorations futures seront nécessaires afin de pouvoir y répondre complètement à d'autres besoins stratégiques de l'entreprise. Un tel exemple est le traçage du parcours d'un client, qui exigera une très grande précision de localisation.

Cependant les résultats obtenus avec l'application du système n'ont pas atteint toutes nos expectatives, les mesures qu'on a pu extraire du système ont permis d'analyser seulement l'audience de l'environnement et non le comportement de l'utilisateur.

De plus, la présence d'obstacles et d'objets dans l'environnement où se trouvent les capteurs influence également l'intensité du signal reçu. Les modèles de propagation basés sur RSSI présentent des difficultés pour estimer les variables d'environnement lorsque cet environnement

est dynamique, car ces variables peuvent changer radicalement, ce qui rend inapproprié l'utilisation d'un modèle statique (qui repousse la relation entre RSSI et distance entre capteurs) (Pires et al., 2011). Le volume massif des données Bluetooth rend également le processus de stockage et traitement des données beaucoup plus difficile.

En outre, on pourrait conclure que l'estimation de la distance (localisation) et du temps de permanence des visiteurs dans un environnement restreint et fermé en tant que dépanneur peut être réalisée de manière satisfaisante, à condition que le modèle utilisé prenne en compte le type d'appareil capturé et s'adapte également à l'environnement, incorporant ainsi les changements dynamiques qui ont eu lieu dans l'environnement, ce qui dans ce travail n'a pas pu être fait.

6.4 Suggestions pour le futur.

Puisqu'il s'agit d'un domaine important nécessitant une attention particulière, dans nos travaux futures, nous essaierons de rendre le processus d'enregistrement plus fiable, en mettant en place des méthodes d'acquisition plus précises, en récupérant, par exemple, la durée exacte de la permanence du client dans le magasin pour tracer son profil. On doit aussi étudier plus profondément l'erreur de transmission entre chaque type de périphérique. Certainement il y a beaucoup plus de faits intéressants à aborder une fois qu'on fait le regroupement par type de périphérique.

L'intégration prochaine de ce modèle doit compter avec d'autres technologie d'identification, comme le Wi-Fi, par exemple, dans le but d'améliorer la captation de l'activité. Par conséquent, les techniques doivent être conçues seulement afin de rendre le processus de lecture plus robuste et réduire la redondance dans les données, la portée de la technologie ne devrait jamais dépasser les principes de l'éthique et de protection de la vie privée.

BIBLIOGRAPHIE

- A. Estefan, J. (2008). *Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies* Vol. 25.
- Akaka, M. A., et Vargo, S. L. (2014). Technology as an operant resource in service (eco)systems. *Information Systems and E-Business Management*, 12(3), 367-384. doi:10.1007/s10257-013-0220-5
- Akeela, R., et Elziq, Y. (2017, 13-17 March 2017). *Design and verification of IEEE 802.11ah for IoT and M2M applications*. Paper presented at the 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops).
- Akyildiz, I. F., Weilian, S., Sankarasubramaniam, Y., et Cayirci, E. (2002). A survey on sensor networks. *IEEE Communications Magazine*, 40(8), 102-114. doi :10.1109/MCOM.2002.1024422
- Alfaiate, J., et Fonseca, J. (2012, 20-23 June 2012). *Bluetooth security analysis for mobile phones*. Paper presented at the 7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012).
- Ardolino, M., Saccani, N., Gaiardelli, P., et Rapaccini, M. (2016). Exploring the Key Enabling Role of Digital Technologies for PSS Offerings. *Procedia CIRP*, 47, 561-566. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.238>
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. Retrieved from <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> (access date: 27/01/2018)
- Atzori, L., Iera, A., et Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Comput. Netw.*, 54(15), 2787-2805. doi:10.1016/j.comnet.2010.05.010
- Atzori, L., Iera, A., et Morabito, G. (2011). SIoT: Giving a Social Structure to the Internet of Things. *IEEE Communications Letters*, 15(11), 1193-1195. doi:10.1109/Lcomm.2011.090911.111340
- Baines, T. S., Lightfoot, H. W., Evans, S., Neely, A., Greenough, R., Peppard, J., Wilson, H. (2007). State-of-the-art in product-service systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 221(10), 1543-1552. doi :10.1243/09544054jem858
- Bendavid, Y., et Boeck, H. (2011). Using RFID to Improve Hospital Supply Chain Management for High Value and Consignment Items. *Procedia Computer Science*, 5, 849-856. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.07.117>
- Bisdikian, C. (2001). An overview of the Bluetooth wireless technology. *IEEE Communications Magazine*, 39(12), 86-94. doi:10.1109/35.968817
- Blanchard, B. S., et Fabrycky, W. J. (2004). *Systems engineering and analysis*. Upper Saddle River, NJ. : Prentice Hall.
- Blumrich, J. F. (1970). Design. *Science*, 168(3939), 1551-1554.
- Bowyer, K. W. (2004). Face recognition technology: security versus privacy. *IEEE Technology and Society Magazine*, 23(1), 9-19. doi:10.1109/MTAS.2004.1273467

- Brijs, T., Swinnen, G., Vanhoof, K., et Wets, G. (2004). Building an Association Rules Framework to Improve Product Assortment Decisions. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(1), 7-23. doi:10.1023/B :DAMI.0000005256.79013.69
- Buchanan, R. A. (2018). History of technology. Retrieved from <https://www.britannica.com/technology/history-of-technology/The-20th-century> (access date: 29/04/2018)
- Buyya, R., Yeo, C. S., Venugopal, S., Broberg, J., & Brandic, I. (2009). Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems*, 25(6), 599-616. doi:<https://doi.org/10.1016/j.future.2008.12.001>
- Cai, H., Xu, B., Jiang, L., et Vasilakos, A. V. (2017). IoT-Based Big Data Storage Systems in Cloud Computing: Perspectives and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 75-87. doi:10.1109/JIOT.2016.2619369
- Caporael, L. R. (1990). The Development of Large Technical Systems - Mayntz,R, Hughes,Tp. *Contemporary Sociology-a Journal of Reviews*, 19(2), 210-210. doi:Doi 10.2307/2072563
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233-245. doi:[https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Cassoli, D., Detti, A., Loreti, P., Mazzenga, F., et Vatalaro, F. (2002, 2002//). *The Bluetooth Technology: State of the Art and Networking Aspects*. Paper presented at the NETWORKING 2002: Networking Technologies, Services, and Protocols; Performance of Computer and Communication Networks; Mobile and Wireless Communications, Berlin, Heidelberg.
- Chandrasegaran, S. K., Ramani, K., Sriram, R. D., Horváth, I., Bernard, A., Harik, R. F., et Gao, W. (2013). The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems. *Computer-Aided Design*, 45(2), 204-228. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cad.2012.08.006>
- Chang, C. M. (2010). Frontmatter. In *Service Systems Management and Engineering* (pp. i-xxx): John Wiley & Sons, Inc.
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., et Wang, H. (2014). A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(4), 349-359. doi:10.1109/JIOT.2014.2337336
- Conner, M. (2010). Sensors empower the «INTERNET OF THINGS». *Edn*, 55(10), 32-+.
- Contreras, D., et Castro, M. (2011). Impact of Polling on Bluetooth Piconet Performance. *IEEE Communications Magazine*, 49(9), 84-89. doi:Doi 10.1109/Mcom.2011.6011738
- Coombs, J. (2015). The Straight Goods on Bluetooth: How Many Consumers Have it on? Retrieved from <https://m.rover.io/the-straight-goods-on-bluetooth-how-many-consumers-have-it-on-d0ebe3b5d718>
- Coskun, V., Ozdenizci, B., et Ok, K. (2013). A Survey on Near Field Communication (NFC) Technology. *Wireless Personal Communications*, 71(3), 2259-2294. doi:10.1007/s11277-012-0935-5

- Culler, D., Estrin, D., et Srivastava, M. (2004). Guest Editors' Introduction: Overview of Sensor Networks. *Computer*, 37(8), 41-49. doi:10.1109/MC.2004.93
- Dedehayir, O., Ortt, R. J., Riverola, C., et Miralles, F. (2017). Innovators and Early Adopters in the Diffusion of Innovations: A Literature Review. *International Journal of Innovation Management*, 21(8). doi:Unsp 1740010
10.1142/S1363919617400102
- Dieter, G. E. (1993). Thoughts on the Senior-Level Design Experience. *Design Education in Metallurgical and Materials Engineering*, 151-172.
- Dungen, P.-O. G. (2013). *Hyperlocal Context to Facilitate an Internet of Things Understanding of the World*. Paper presented at the International Workshop on Identification, Information and Knowledge in the Internet of Things, Beijing, China. <http://reelyactive.com/science/reelyActiveIIKI2013.pdf>
- Erasala, N., et Yen, D. C. (2002). Bluetooth technology: a strategic analysis of its role in global 3G wireless communication era. *Computer Standards & Interfaces*, 24(3), 193-206. doi :[https://doi.org/10.1016/S0920-5489\(02\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S0920-5489(02)00018-1)
- Espíndola, D., Duarte Filho, N., Botelho, S., Carvalho, J., et Pereira, C. (2012). *Internet of Things to Provide Scalability in Product-Service Systems*. Vol. 1. (Pages 241-221)
- Ferro, E., et Potorti, F. (2005). Bluetooth and Wi-Fi wireless protocols: a survey and a comparison. *IEEE Wireless Communications*, 12(1), 12-26. doi:10.1109/MWC.2005.1404569
- Flichy, P. (1995). *Une histoire de la communication moderne* : La Découverte.(281 pp.)
- Foote, K. D. (2016). A Brief History of the Internet of Things. Retrieved from <http://www.dataversity.net/brief-history-internet-things/>
- Fosso Wamba, S., Lefebvre, L. A., Bendavid, Y., et Lefebvre, É. (2008). Exploring the impact of RFID technology and the EPC network on mobile B2B eCommerce: A case study in the retail industry. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 614-629. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.010>
- Frank, R., Bronzi, W., Castignani, G., et Engel, T. (2014, 2-4 April 2014). *Bluetooth Low Energy: An alternative technology for VANET applications*. Paper presented at the 2014 11th Annual Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS).
- George, J. M., et Bettenhausen, K. (1990). Understanding Prosocial Behavior, Sales Performance, and Turnover - a Group-Level Analysis in a Service Context. *Journal of Applied Psychology*, 75(6), 698-709. doi:Doi 10.1037//0021-9010.75.6.698
- Gibson, G. A., Nagle, D. F., Amiri, K., Butler, J., Chang, F. W., Gobioff, H., . . . Zelenka, J. (1998). A cost-effective, high-bandwidth storage architecture. *SIGPLAN Not.*, 33(11), 92-103. doi:10.1145/291006.291029
- Giroux, A. (1997, 15/12/1997). LA VIE PRIVÉE EST-ELLE PROTÉGÉE ? *Journal du Barreau*.Retrieved from [Journal du Barreau 29\(20-21\)](Journal du Barreau 29(20-21)

- Gomez, C., Oller, J., et Paradells, J. (2012). Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. *Sensors*, 12(9). doi:10.3390/s120911734
- Gorod, A., Sauser, B., et Boardman, J. (2008). System-of-Systems Engineering Management: A Review of Modern History and a Path Forward. *IEEE Systems Journal*, 2(4), 484-499. doi:10.1109/JSYST.2008.2007163
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., et Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. doi:<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Gungor, V. C., Lu, B., et Hancke, G. P. (2010). Opportunities and Challenges of Wireless Sensor Networks in Smart Grid. *Ieee Transactions on Industrial Electronics*, 57(10), 3557-3564. doi:10.1109/TIE.2009.2039455
- Guo, J., Chen, I.-R., et Tsai, J. J. P. (2017). *A survey of trust computation models for service management in internet of things systems*. *Computer Communications*, 97, 1-14. doi :<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2016.10.012>
- H. Sundmaeker, P. G., P. Friess, S. Woelfflé. (2010). *Vision and challenges for realising the Internet of Things*. Luxembourg : Publications Office of the European Union. (229 pp.)
- Hakanen, T., Helander, N., et Valkokari, K. (2017). Servitization in global business-to-business distribution: The central activities of manufacturers. *Industrial Marketing Management*, 63, 167-178. doi:10.1016/j.indmarman.2016.10.011
- Hermann, M., Pentek, T., et Otto, B. (2016, 5-8 Jan. 2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. Paper presented at the 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS).
- Henzinger, T. A., et Sifakis, J. (2006). The Embedded Systems Design Challenge, *Springer Berlin Heidelberg*. Berlin, Heidelberg. Doi: 10.1007/11813040_1
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., et Ram, S. (2004). Design science in Information Systems research. *Mis Quarterly*, 28(1), 75-105.
- Jameel, M. I., et Dungen, J. (2015, 14-16 Dec. 2015). *Low-power wireless advertising software library for distributed M2M and contextual IoT*. Paper presented at the 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT).
- Jiang, L., Xu, L. D., Cai, H., Jiang, Z., Bu, F., et Xu, B. (2014). An IoT-Oriented Data Storage Framework in Cloud Computing Platform. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1443-1451. doi:10.1109/TII.2014.2306384
- Juels, A. (2006). RFID security and privacy: A research survey. *Ieee Journal on Selected Areas in Communications*, 24(2), 381-394. doi:10.1109/Jsac.2005.861395
- Juels, A. (2010). The Physical Basis of RFID Security. *Radio Frequency Identification : Security and Privacy Issues*, 6370, 1-1.
- Keathley, J., Merrill, P., Owens, T., Meggarrey, I., & Posey, K. (2018). *The Executive Guide to Innovation: Turning Good Ideas into Great Results*: ASQ Quality Press.
- Kossiakoff, A. (2011). Systems engineering principles and practice. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience

- Lee, E. A. (2008, 5-7 May 2008). *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. Paper presented at the 2008 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC).
- Lee, J. (1997). Design rationale systems: understanding the issues. *IEEE Expert*, 12(3), 78-85. doi:10.1109/64.592267
- Lee, J. S., Su, Y. W., et Shen, C. C. (2007, 5-8 Nov. 2007). *A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi*. Paper presented at the IECON 2007 - 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.
- Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P., et Liu, J. (2007). Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 37(6), 1067-1080. doi:10.1109/TSMCC.2007.905750
- Lymberis, A. (2003, 24-26 April 2003). *Smart wearables for remote health monitoring, from prevention to rehabilitation: current R&D, future challenges*. Paper presented at the 4th International IEEE EMBS Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine, 2003.
- Mackensen, E., Lai, M., & Wendt, T. M. (2012, 20-21 Sept. 2012). *Performance analysis of an Bluetooth Low Energy sensor system*. Paper presented at the 2012 IEEE 1st International Symposium on Wireless Systems (IDAACS-SWS).
- Madhavapeddy, A., et Tse, A. (2005). *A Study of Bluetooth Propagation Using Accurate Indoor Location Mapping*, Berlin, Heidelberg.105-122
- Maglio, P. P., Srinivasan, S., Kreulen, J. T., et Spohrer, J. (2006). Service systems, service scientists, SSME, and innovation. *Communications of the ACM*, 49(7), 81-85. doi:Doi 10.1145/1139922.1139955
- Maier, M. W. (1998). Architecting principles for systems-of-systems. *Systems Engineering*, 1(4).
- Marques, R. Armelinni, F. (2017). *Proposta de modelo de referência para utilização da internet das coisas como suporte à estratégia de marketing*. Paper presented at the 11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto, Brazil.
- Mizuno, T., Toriyama, M., Terano, T., et Takayasu, M. (2008). Pareto law of the expenditure of a person in convenience stores. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(15), 3931-3935. doi:<https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.059>
- Morelli, N. (2006). Developing new product service systems (PSS): methodologies and operational tools. *Journal of Cleaner Production*, 14(17), 1495-1501. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.01.023>
- Mueller, M. (1993). Universal Service in Telephone History - a Reconstruction. *Telecommunications Policy*, 17(5), 352-369. doi:Doi 10.1016/0308-5961(93)90050-D
- Nassif, G. (2018). *Analyse de données à partir d'un système d'Internet des objets dans un dépanneur de station-service*. (Mémoire de maîtrise), École Polytechnique de Montréal, Montréal, Québec.
- Natarajan, A., Motani, M., et Srinivasan, V. (2007). *Understanding Urban Interactions from Bluetooth Phone Contact Traces*, Berlin, Heidelberg, 115-124.

- Niyato, D., Xiao, L., et Wang, P. (2011). Machine-to-Machine Communications for Home Energy Management System in Smart Grid. *Ieee Communications Magazine*, 49(4), 53-59. doi:Doi 10.1109/Mcom.2011.5741146
- Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, T. a. L. O. A. L. (2008). Systems of Systems Systems Engineering Guide: Considerations for Systems Engineering in a System of Systems Environment [Press release]
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., Smith, A., et Papadakos, T. (2015). Value Proposition Design : How to create products and services customers want. In *Journal of Business Models* (Vol. 3, pp. 81-92). New Jersey : John Wiley & Sons.
- Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., et Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77. doi:10.2753/Mis0742-1222240302
- Pires, R. P., Gracioli, G., Wanner, L., et Frohlich, A. A. M. (2011). Evaluation of an RSSI-based Location Algorithm for Wireless Sensor Networks. *IEEE Latin America Transactions*, 9(1), 830-835. doi:10.1109/TLA.2011.5876427
- Popper, S., Bankes, S., Callaway, R., et DeLaurentis, D. (2004). *System-of-Systems Symposium: Report on a Summer Conversation*. Retrieved from Arlington, VA.21-22 July 2004
- Porkodi, R., et Bhuvaneswari, V. (2014, 6-7 March 2014). *The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An Overview*. Paper presented at the 2014 International Conference on Intelligent Computing Applications.
- Putnik, G., Sluga, A., ElMaraghy, H., Teti, R., Koren, Y., Tolio, T., et Hon, B. (2013). Scalability in manufacturing systems design and operation: State-of-the-art and future developments roadmap. *CIRP Annals*, 62(2), 751-774. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.05.002>
- Statistique Canada, (2016). Produits de données, Recensement de 2016. Retrieved from <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/index-eng.cfm> (Access date: 06/05/2018)
- SAAQ, S. D. L. A. A. D. Q. (2016). *DONNÉES ET STATISTIQUES*. (ISBN 978-2-550-75978-2). Québec (Québec) : Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 3e trimestre 2016.
- Senzi, Z. E. d., M., T. S., Bezerra, B. A. P., Heiji, K. L., A., C. M. P., et Henrique, R. (2016). Business process support for IoT based product-service systems (PSS). *Business Process Management Journal*, 22(2), 305-323. doi:doi:10.1108/BPMJ-05-2015-0078
- Shajan, E. D. M. G. (2012). A Review on the Operating Modes of Near Field Communication. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2(2).
- Shi, Y., Raniga, P., et Mohamed, I. (2006). A smart camera for multimodal human computer interaction. *2006 IEEE Tenth International Symposium on Consumer Electronics, Proceedings*, 502-+.
- Stanislav, K. (2002). Strategies for the integration of management systems and standards. *The TQM Magazine*, 14(1), 61-67. doi:doi:10.1108/09544780210414254
- Ster, W. v. d., et Wissen, P. v. (1993). *Marketing & detailhandel*. Groningen: Wolters-Noordhoff. (411 pp.)

- Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V., et Aswathy, R. H. (2014). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) History, Technology and fields of deployment. paper presented at 2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR).
- Tauscher, L., et Greenberg, S. (1997). How people revisit web pages: empirical findings and implications for the design of history systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, 47(1), 97-137. doi:<https://doi.org/10.1006/ijhc.1997.0125>
- Thang, D. C. L., et Tan, B. L. B. (2003). Linking consumer perception to preference of retail stores: an empirical assessment of the multi-attributes of store image. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 10(4), 193-200. doi:[https://doi.org/10.1016/S0969-6989\(02\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0969-6989(02)00006-1)
- Thompson, D. (2014). iBeacon: Is Bluetooth On? And Other Insights from Empatika. Retrieved from <http://beekn.net/2014/03/ibeacon-bluetooth-insights-empatika/> (access date : 18/03/2018)
- Thottam Parameswaran, A., Iftekhar Husain, M., et Upadhyaya, S. (2009). *Is RSSI a reliable parameter in sensor localization algorithms: an experimental study.*
- Tidd J, B. J., Pavitt K. (2001). *Managing innovation: integrating technological, market and organisational change.* (J. W. a. Sons Ed. Vol. 2nd ed.). Chichester, UK (680 pp.)
- Tilak, S. N. B. A.-G. a. W. H. (2002). A Taxonomy of Wireless Microsensor Network Models. *ACM Mobile Computing and Communications Review*, 6 N°2, 7. doi:[doi:10.1145/565702.565708](https://doi.org/10.1145/565702.565708)
- Tiwari, A., Lewis, F. L., & Ge, S. S. (2004). Wireless sensor network for machine condition based maintenance. *2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Vols 1-3*, 461-467.
- Uckelmann, D., Harrison, M., et Michahelles, F. (2011). An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things. In D. Uckelmann, M. Harrison, & F. Michahelles (Eds.), *Architecting the Internet of Things* (pp. 1-24). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Vaishnavi, V., Vaishnavi, V., Kuechler, W. (2015). Design Science Research Methods and Patterns. Boca Raton: CRC Press.
- Violino, B. (2005). The Basics of RFID Technology. Retrieved from <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1337>
- Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., Borriello, G. (2009). Building the Internet of Things Using RFID: The RFID Ecosystem Experience. *IEEE Internet Computing*, 13(3), 48-55. doi:[10.1109/MIC.2009.52](https://doi.org/10.1109/MIC.2009.52)
- Xu, L. D., He, W., et Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233-2243. doi:[10.1109/TII.2014.2300753](https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753)
- Yick, J., Mukherjee, B., et Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer Networks*, 52(12), 2292-2330. doi:<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.04.002>

ANNEXE A – VPD (VALUE PROPOSITION DESIGN)

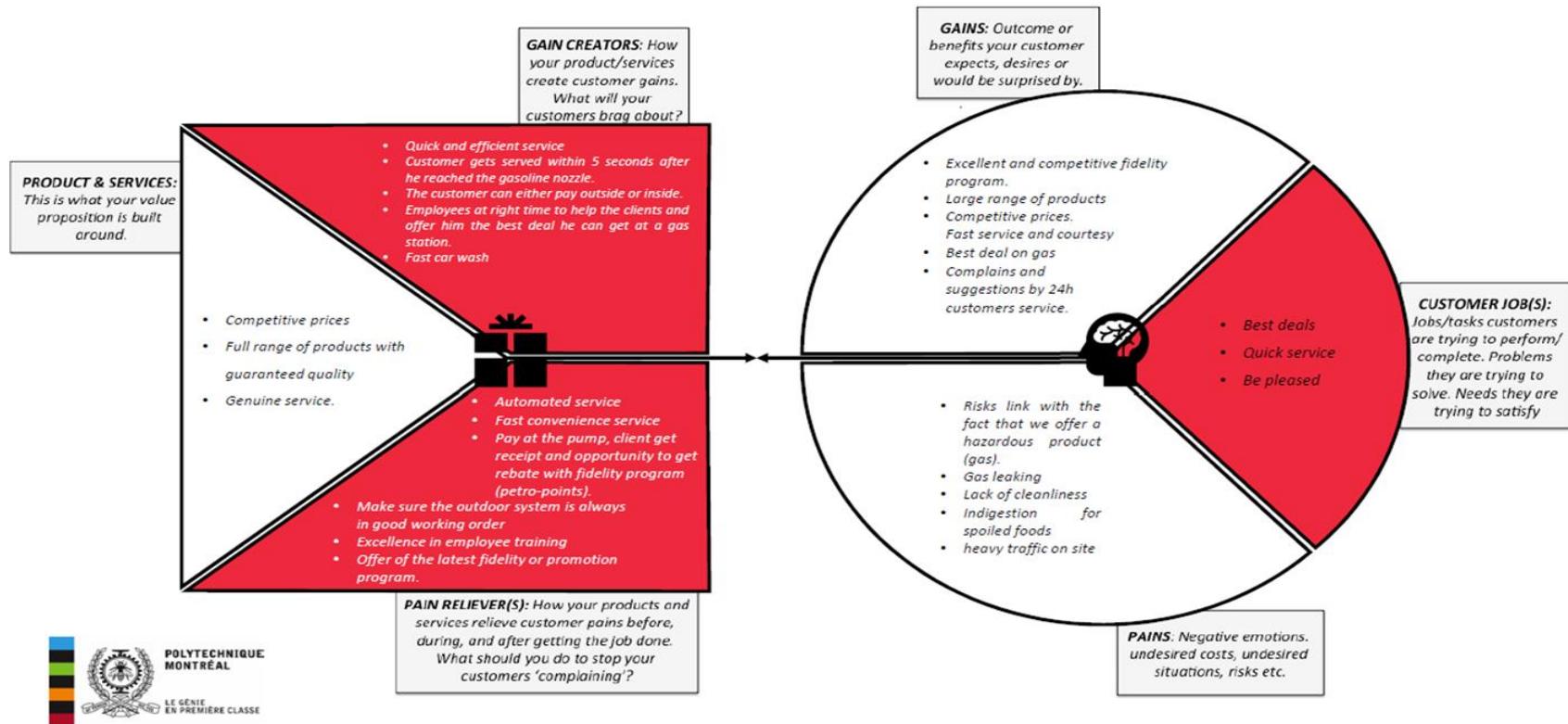


Figure A.1: VPD (Value Proposition Design)

ANNEXE B—PICS D'AUDIENCE

Tableau B.1 : Pics d'audience (Source : Gas Legends Québec Co.)

Jour de la semaine	Date	Heure	Index des heures	Utilisateurs	Pics
Mardi	10-avr	7 h	000007	356	x
Mardi	10-avr	12 h	000012	239	x
Mardi	10-avr	16 h	000016	404	x
Mercredi	11-avr	7 h	000031	354	x
Mercredi	11-avr	12 h	000036	273	x
Mercredi	11-avr	16 h	000040	420	x
Jeudi	12-avr	8 h	000056	362	x
Jeudi	12-avr	12 h	000060	274	x
Jeudi	12-avr	17 h	000065	425	x
Vendredi	13-avr	7 h	000079	372	x
Vendredi	13-avr	12 h	000084	320	x
Vendredi	13-avr	17 h	000089	439	x
Samedi	14-avr	10 h	000106	224	x
Samedi	14-avr	12 h	000108	294	x
Samedi	14-avr	15 h	000111	309	x
Samedi	14-avr	17 h	000113	306	x
Dimanche	15-avr	9 h	000129	112	x
Dimanche	15-avr	13 h	000133	258	x
Lundi	16-avr	7 h	000151	260	x
Lundi	16-avr	11 h	000155	203	x
Lundi	16-avr	17 h	000161	261	x
Mardi	17-avr	7 h	000175	361	x
Mardi	17-avr	12 h	000180	278	x
Mardi	17-avr	17 h	000185	426	x
Mercredi	18-avr	7 h	000199	328	x
Mercredi	18-avr	12 h	000204	222	x
Mercredi	18-avr	17 h	000209	429	x
Jeudi	19-avr	7 h	000223	328	x
Jeudi	19-avr	12 h	000228	284	x
Jeudi	19-avr	16 h	000232	425	x
Vendredi	20-avr	8 h	000248	288	x
Vendredi	20-avr	11 h	000251	255	x
Vendredi	20-avr	17 h	000257	372	x
Samedi	21-avr	9 h	000273	200	x
Samedi	21-avr	12 h	000276	343	x

Tableau B.1 : Pics d'audience (Suite et fin)

Jour de la semaine	Date	Heure	Index des heures	Utilisateurs	Pics
Samedi	21-avr	18 h	000282	266	x
Dimanche	22-avr	10 h	000298	233	x
Dimanche	22-avr	12 h	000300	261	x
Dimanche	22-avr	16 h	000304	245	x
Lundi	23-avr	7 h	000319	361	x
Lundi	23-avr	11 h	000323	199	x
Lundi	23-avr	17 h	000329	331	x
Mardi	24-avr	7 h	000343	340	x
Mardi	24-avr	12 h	000348	224	x
Mardi	24-avr	17 h	000353	358	x