

L'impact de l'internet des objets sur le futur de la logistique et du transport: cas du transport routier

Auteur : Dechany, Maxime

Promoteur(s) : Limbourg, Sabine

Faculté : HEC-Ecole de gestion de l'Université de Liège

Diplôme : Master en ingénieur de gestion, à finalité spécialisée en Supply Chain Management and Business Analytics

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/6021>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**L'IMPACT DE L'INTERNET DES OBJETS
SUR LE FUTUR DE LA LOGISTIQUE ET DU
TRANSPORT :
CAS DU TRANSPORT ROUTIER**

Jury :
Promoteur :
Sabine LIMBOURG
Lecteurs :
Yasemin ARDA
Stéphanie AERTS

Mémoire présenté par
Maxime DECHANY
En vue de l'obtention du diplôme de
master en ingénieur de gestion à finalité
spécialisée en Supply Chain
Management and Business Analytics
Année académique 2017/2018

Remerciements

Dans le cadre de cette section, je souhaite remercier toutes les personnes ayant été présentes, qui m'ont fourni une aide incommensurable et qui m'ont soutenu quant à la rédaction de ce mémoire.

Je pense en premier lieu à ma promotrice, Madame la professeure Sabine Limbourg qui m'aura aiguillé, conseillé et encouragé dans la rédaction de ce mémoire. Je tiens également à la remercier pour sa disponibilité, sa patience et pour tout le temps qu'elle m'aura consacré.

Je tiens également à remercier mes lectrices pour leur lecture. Madame Arda, pour ce qu'elle aura pu m'apporter dans le cadre de mon cursus universitaire et Madame Aerts pour ses précieux conseils, son oreille attentive et ses conseils dans le cadre de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie également la FEBIAC pour m'avoir permis d'effectuer mon enquête durant les 3 jours d'exposition à Brussels Expo.

Je tiens également remercier mes amis pour leurs relectures successives, le temps qu'ils m'auront consacré pour que ce travail puisse représenter toute l'énergie et le temps investi et ainsi faire de ce mémoire le chapitre final d'une période de ma vie.

Je dois également exprimer ma très profonde gratitude à ma famille pour leur compréhension, leur soutien et leur compassion tout au long de mes années d'études.

Je tiens également à remercier ma copine pour son soutien sans faille, sa patience et pour ses nombreux encouragements dans cette épreuve.

Finalement, je terminerai par remercier l'ensemble des experts interrogés qui auront partagé avec moi une partie de leur savoir, de leur connaissance et de leur temps.

Maxime Dechany

Sommaire

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE	II
LEXIQUE ET LISTE DES ABRÉVIATIONS	IV
INTRODUCTION.....	1
1 MISE EN CONTEXTE ET DÉFINITION DE L'INTERNET DES OBJETS.....	2
1.1 REMISE EN CONTEXTE	2
1.2 LES OBJETS PHYSIQUES ET VIRTUELS	2
1.3 QUELQUES CHIFFRES.....	2
1.4 DÉFINITION ET ORIGINE DE L'INTERNET DES OBJETS	4
1.5 TECHNOLOGIES ET INFRASTRUCTURES UTILISÉES	5
1.6 CLASSIFICATION DES OBJETS/CHOSSES	7
1.7 CARACTÉRISTIQUES FONDAMENTALES DE L'INTERNET DES OBJETS.....	9
2 MÉTHODOLOGIE DE CE MÉMOIRE.....	11
2.1 REVUE DE LITTÉRATURE ET INTERVIEWS	11
2.2 ENQUÊTE « WE ARE TRANSPORT ».....	12
3 LES IMPACTS DE LA TECHNOLOGIE DANS LE DOMAINE DE LA LOGISTIQUE ET DU TRANSPORT ROUTIER	13
3.1 APPLICATIONS SPÉCIFIQUES LIÉES À LA LOGISTIQUE ET AU TRANSPORT ROUTIER	14
3.2 QUELS SONT LES CHALLENGES DE L'IOT ?.....	20
3.3 QUELS SERONT LES IMPACTS DE L'IOT DANS LE MONDE ROUTIER DE DEMAIN ?.....	27
3.4 LES VÉHICULES DE DEMAIN	32
4 ENQUÊTE AUPRÈS DES PROFESSIONNELS.....	37
4.1 BUT DE L'ENQUÊTE.....	37
4.2 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ENQUÊTE ET DE SON ANALYSE	37
4.3 REPRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON SONDÉ	43
4.4 QUESTIONS DE RECHERCHE	45
5 ANALYSE DES RÉSULTATS.....	47
5.1 LE NIVEAU DE CONNAISSANCE DU CONCEPT	47
5.2 L'OPINION GÉNÉRALE.....	48
5.3 UTILISATION DES OUTILS TECHNOLOGIQUES.....	49
5.4 LES FREINS DE LA TRANSITION VERS L'INTERNET DES OBJETS	52
5.5 L'INTÉRÊT PRINCIPAL DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES	52

5.6	L'IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES ET DES CAPTEURS	53
5.7	LA VOLONTÉ À PAYER DES ENTREPRISES	55
5.8	L'ORGANISATION DES TRANSPORTS.....	55
5.9	LA VOLONTÉ À PAYER EN POURCENTAGE	61
6	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	64
7	GESTION DE PROJET	67
7.1	PRÉLUDE	67
7.2	MÉTHODOLOGIE.....	67
7.3	LES ÉTAPES PRINCIPALES.....	67
7.4	LES POINTS D'ATTENTIONS	69
	CONCLUSION	70
8	ANNEXES.....	I
8.1	ANNEXE 1 : STATISTIQUES D'USAGE D'INTERNET	I
8.2	ANNEXE 2 : NOUVELLE DIMENSION APPORTÉE PAR L'IOT.....	II
8.3	ANNEXE 3 : TABLEAU DES CLASSIFICATIONS DES DOMAINES DES OBJETS	III
8.4	ANNEXE 4 : QUELS SONT LES FREINS ÉVENTUELS À LA TRANSITION VERS L'IOT ?	IV
8.5	ANNEXE 5 : LE NIVEAU DE COMPRÉHENSION DU CONCEPT.....	V
8.6	ANNEXE 6 : L'IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES ET DES CAPTEURS.....	VI
8.7	ANNEXE 7 : L'INTÉRÊT PRINCIPAL DES TECHNOLOGIES	VII
8.8	ANNEXE 8 : OPINION DES RÉPONDANTS	VIII
8.9	ANNEXE 9 : PROPRIÉTÉ DES VÉHICULES	IX
8.10	ANNEXE 10 : ANALYSE DES INTENTIONS D'ACHAT ET DE LA FLOTTE ACTUELLE	X
8.11	ANNEXE 11 : INTERVIEW	XI
	BIBLIOGRAPHIE	XLI
	EXECUTIVE SUMMARY	LI

Lexique et liste des abréviations

3PL : (*Third-Party Logistics*) Externalisation de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise

ABS: (*Anti Blocking System*) Anti-blocage des roues

ANT (ou ANT+) : Concurrent de la technologie Zigbee et Bluetooth, il s'agit d'un protocole de communication propriétaire sans fils opérant sur la bande de fréquence de 2.4GHz. L'une des caractéristiques de ANT est son dimensionnement pour ne demander que très peu d'énergie.

APS : (*Advance Planing System*) Permet une planification flexible des commandes des clients et leur exécution optimale.

B2B : (*Business to Business*) Ensemble des relations commerciales entre deux entreprises.

Bluetooth : Norme de communications permettant l'échange bidirectionnel de données à très courte distance en utilisant des ondes radio.

CNG : (*Compressed Natural Gas*) Gaz naturel comprimé

Code QR : Type de code-barres en deux dimensions (ou code matriciel) constitué de modules noirs disposés dans un carré à fond blanc. L'agencement de ces points définit l'information que contient le code.

EDGE: (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) Norme de téléphonie mobile, une évolution du GPRS qui est elle-même une extension du GSM avec rétrocompatibilité.

ERP : (*Entreprise Resource Planning*) Progiciel de gestion intégré

FEBIAC : Fédération Belge et Luxembourgeoise de l'Automobile et du Cycle

GPRS : (*General Packet Radio Service*) Est une norme (protocole réseau) pour la téléphonie mobile dérivée du GSM et complémentaire de celui-ci, permettant un débit de données plus élevé. On le qualifie souvent de 2,5G ou 2G+.

GPS : (*Global Positioning System*) Il s'agit d'un système de géolocalisation par satellite

GSM :(*Global System for Mobile*) Système global pour les communications mobiles

IDC : (*International Data Cooperation*) Il s'agit une entreprise américaine spécialisée dans la réalisation d'études de marché dans les domaines des technologies de l'information et de la communication et de l'électronique grand public.

IdO : Internet des Objets

IoT : (*Internet Of Things*) Internet des Objets

IP : (*Internet Protocol*) C'est un numéro d'identification qui est attribué de façon permanente ou provisoire à chaque branchement à un réseau informatique.

IrDA : (*Infrared Data Association*) Cette technologie était utilisée dans la fin des années 1990 et le début des années 2000 notamment pour faire des transferts de fichiers entre des ordinateurs portables, des téléphones mobiles ou des assistants personnels.

ISA :(*Intelligent Speed Adaptation*) C'est un système embarqué qui aide les conducteurs à respecter la limite de vitesse.

ITS : (*Intelligent Transport System*) Ce sont les applications des nouvelles technologies de l'information et de la communication au domaine des transports et de sa logistique.

KUL : (*Katholieke Universiteit Leuven*) Université catholique de Louvain

LEZ :(*Low Emission Zone*) Zone de basses émissions

LTE : (*Long Term Evolution*) Norme de téléphonie

MIT :(*Massachusetts Institute of Technology*) Institut des technologies du Massachusetts

NFC :(*Near Field Communication*) Communication en champ proche. C'est une technologie de communication sans fil à courte portée et à haute fréquence, permettant l'échange d'informations entre des périphériques jusqu'à une distance d'environ 10 cm.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économique

Qualtrics : Logiciel ayant servi aux enquêtes. Il s'agit d'un logiciel d'abonnement pour la collecte et l'analyse de données pour les études de marché, la satisfaction et la fidélité des clients, les tests de produits et de concepts, les évaluations des employés et la rétroaction sur le site Web.

R&D : Recherche et développement

TCP : (*Transmission Control Protocol*) Est un protocole de transport fiable, en mode connecté.

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

TLV: (*Transport en Logistiek Vlaanderen*)

UMTS : (*Universal Mobile Telecommunications System*) Norme de téléphonie mobile à haut débit.

UWB : (*Ultra-Wideband*) Ultra Large Bande (ou ULB) est une technique de modulation radio qui est basée sur la transmission d'impulsions de très courte durée, souvent inférieure à la nanoseconde.

V2I :(*Vehicule to infrastructure*) Communication entre les véhicules et les infrastructures

V2M : (*Vehicule to machine*) Communication entre les véhicules et les machines

V2V :(*Vehicule to vehicule communication*) Communication entre les véhicules connectés

Wi-Fi : (*Wireless Fidelity*) Permet de relier par ondes radio plusieurs appareils informatiques (ordinateur, routeur, smartphone, modem Internet, etc.) au sein d'un réseau informatique afin de permettre la transmission de données entre eux.

WLAN :(*Wireless Local Area Network*) Réseau permettant de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres.

WMS : (*Warehouse Management System*) Système de gestion d'entrepôt

ZigBee : Protocole de haut niveau permettant la communication d'équipements personnels ou domestiques équipés de petits émetteurs radios à faible consommation.

Z-Wave : Protocole radio conçu pour la domotique (éclairage, chauffage...).

Introduction

L'Internet des Objets fait partie des mots faisant le buzz dans le domaine des nouvelles technologies depuis déjà quelques années (Madakam, R.Ramaswamy, & Tripathi, 2015). Les applications liées à l'Internet des Objets ont augmenté de façon exponentielle (Xie, 2018). Selon l'IDC¹ (2018) le secteur du transport sera parmi les premiers à connaître une croissance significative avec l'IoT. En 2020, on estime que 50% des dépenses seront effectuées par les secteurs de la fabrication, du transport et de la logistique et des services publics. D'un côté, le niveau des dépenses en technologie, applications et solutions IoT devraient atteindre les 250 milliards d'euros à l'horizon 2020 (Columbus, 2017). D'un autre côté, plus de 1.2 million de personnes meurent sur la route chaque année, 95% des véhicules dépendent du pétrole pour l'énergie, les moteurs à combustion sont responsables de plus de 20% des émissions de CO₂ et les vitesses dans les villes congestionnées sont estimées, en moyenne, à 20km/h (Burns L. D., 2013).

Afin d'apporter une partie des réponses aux problématiques actuelles, ce mémoire aura pour but de déterminer l'impact de l'Internet des Objets dans le secteur de la logistique et du transport routier dans le monde de demain. Nous commencerons tout d'abord par une mise en contexte de l'Internet des Objets où nous recentrerons ce concept autour de sa définition et du cadre dans lequel la technologie évolue. Les infrastructures et technologies employées feront l'objet d'une attention particulière tout comme les caractéristiques fondamentales liées à la technologie. Par la suite, nous développerons la méthodologie générale liée à ce mémoire pour embrayer sur une des parties clés de ce travail : les impacts de l'Internet des Objets dans le monde du transport routier. Nous discuterons des différentes applications que nous pouvons retrouver dans le cadre de la logistique et du transport, pour ensuite discuter des challenges auxquels la technologie doit et devra faire face. La partie suivante évoquera plus directement le futur de la technologie par rapport aux divers infrastructures et véhicules qui seront appuyés par l'avis des experts interrogés qui apporteront leur point de vue afin de confronter leur réalité du monde pratique à l'aspect plus théorique présente dans la littérature. La prochaine partie de ce travail reprendra les résultats de l'enquête menée auprès des visiteurs de l'exposition « We Are Transport » lors des 1, 2 et 3 juin derniers à Brussels Expo. Nous finirons dès lors ce point par certaines pistes de recommandations pour finalement conclure ce mémoire.

¹ International Data Corporation

1 Mise en contexte et définition de l'Internet des Objets

1.1 Remise en contexte

Avant de donner une définition du concept de l'Internet des Objets² (Internet of Things), nous allons tout d'abord rappeler ou introduire une technologie qui nous entoure dans notre vie de tous les jours : l'internet. Il s'agit selon Madakam, R.Ramaswamy, & Tripathi (2015) d'un « système mondial de réseaux informatiques interconnectés qui utilisent la suite de protocoles Internet standard (TCP/IP) pour servir des milliards d'utilisateurs dans le monde entier. Il s'agit d'un réseau de réseaux composé de millions de réseaux privés, publics, universitaires, commerciaux et gouvernementaux, de portée locale à mondiale, qui sont reliés par un large éventail de technologies électroniques, sans-fil et optiques. »

1.2 Les objets physiques et virtuels

Lorsque le terme objet sera employé dans la suite de ce travail, il faudra distinguer les notions d'*objets physiques* et d'*objets virtuels*.

- *Les objets physiques* font partie du monde qui nous entoure, le monde physique. Ces objets peuvent être à la fois commandés, détectés et connectés. Tout l'environnement qui nous entoure, les différents robots ainsi que tous les biens et équipements électriques sont des exemples d'objets physiques. (Union Internationale des télécommunications, 2012)
- *Les objets virtuels* font, quant à eux, partie du monde de l'information. C'est-à-dire que nous pouvons les stocker, les traiter et y accéder. Les contenus multimédias ou différents logiciels sont des exemples d'objets virtuels (Union Internationale des télécommunications, 2012).

1.3 Quelques chiffres

En ce qui concerne le nombre d'utilisateurs fin décembre 2017, ces derniers représentent 4,157 milliards de personnes, soit 54.4% de taux de pénétration par rapport à la population mondiale d'environ 7.6 milliards. (Internet World Stats, 2018) En 2017, dans l'Union européenne, la proportion de ménage d'Européens ayant accès à internet chez eux s'élevait à 87 % contre 55% en 2007. Cette proportion a d'ailleurs tendance à varier selon les pays membres. Le pays européen avec la plus petite proportion de ménages connectés à internet est la Bulgarie avec

² Les termes : Internet des Objets/IdO, Internet of things/IoT seront utilisés de manière indifférenciée dans la suite de ce mémoire.

67%. De l'autre côté du podium, l'Islande et le Danemark sont en tête avec 98%, suivi de près par les Pays-Bas, le Luxembourg ou encore la Norvège avec 97%. La Belgique, quant à elle, dispose de 86% des ménages ayant accès à internet, soit juste en dessous de la moyenne européenne. (Eurostat, 2018)

Si nous revenons à notre concept de départ, l'Internet des Objets compte également un ensemble d'objets connectés répartis dans le monde entier. Depuis ces dernières années, ceux-ci voient leur nombre augmenter de façon drastique comme nous pouvons le voir sur la figure 1. En effet, selon Cisco Internet Business Solutions Group (2011) nous pouvons constater que le nombre d'objets connectés évolue de façon exponentielle et surtout plus rapidement que la population mondiale. Il est d'ailleurs évalué, que le nombre d'objets connectés se chiffrerait à 50 milliards en 2020, contre 500 millions en 2003. La population, quant à elle, n'évoluerait pas autant et tendrait vers 7.6 milliards en 2020 contre 6.3 milliards en 2003. Le nombre d'objets connectés par personne passerait de 0.08 en 2003 à 6.58 à l'horizon 2020.

Ce nombre peut paraître faible, mais l'auteur rappelle que ces chiffres sont basés sur la population totale et que certains ne sont pas connectés à l'internet. Si nous prenions les 2 milliards qui utilisent internet tous les jours, nous passerions de 1.84 objet connecté par personne à 6.25 en 2010. (Evans, 2011)

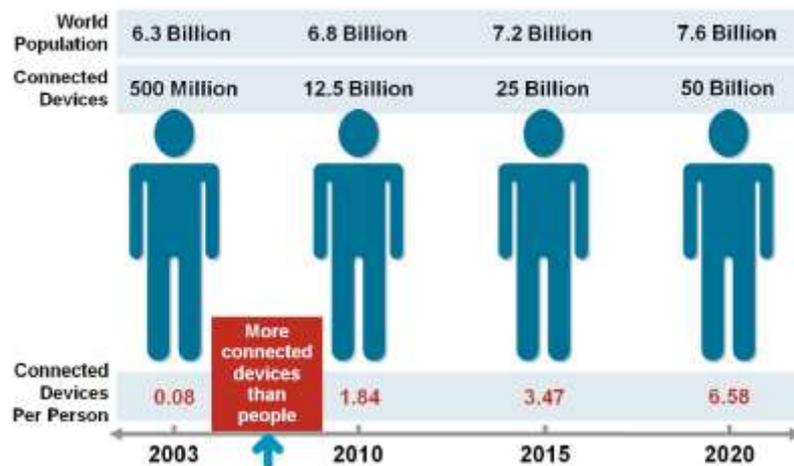


Figure 1 Population mondiale et objets connectés

1.4 Définition et origine de l'internet des objets

Le terme « Internet of Things » est un concept relativement nouveau. Il a été utilisé pour la première fois, en 1999 par le Britannique et pionnier dans le domaine de la technologie : Kevin Ashton. Son but était de décrire un système dans lequel les objets de notre monde physique pourraient être connectés à l'internet grâce à des senseurs. La littérature s'accorde à dire que l'IoT est l'internet du futur, ou le deviendra comme déclarent certains auteurs. Cependant, il n'y a aucune définition universelle. Plusieurs définitions sont utilisées par des groupes différents dans le but de décrire une particularité du concept et de ses attributs les plus importants. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

Si nous reprenons une définition concise du concept, celle des dictionnaires Oxford, elle évoque que l'internet est un élément de l'IoT « *L'interconnexion via Internet de dispositifs informatiques embarqués dans des objets du quotidien, leur permettant d'envoyer et de recevoir des données.* ». (Oxford dictionaries, 2018) Pour sa part, l'Union Internationale des Télécommunications propose une formule du concept qui discute de l'interconnectivité sans toutefois spécifier le lien entre IoT et internet : « *infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication (TIC) interopérables existantes ou en évolution* ». (International Telecommunication Union, 2014, p. 1)

De leur côté, après avoir analysé l'ensemble des propositions et après s'être mis d'accord sur le fait que les définitions comportaient toutes l'idée que la première version de l'internet était composée de données créées par les gens alors que la seconde version était composée de données créées par des objets, Madakam, R.Ramaswamy, & Tripathi proposent que la meilleure définition soit : « *Un réseau ouvert et complet d'objets intelligents qui ont la capacité d'auto-organiser, de partager des informations, des données et des ressources, de réagir et d'agir face à des situations et des changements dans l'environnement.* » (2015, p. 165)

L'Internet des Objets apporte une nouvelle dimension aux technologies de l'information et de la communication (TIC). Auparavant, la communication était possible en tout lieu et à tout moment, mais maintenant, elle est désormais possible avec n'importe quel objet comme nous pouvons le voir sur l'annexe II décrivant cette nouvelle dimension. (Union Internationale des télécommunications, 2012)

Comme nous pouvons le voir sur la figure ci-après, l'Internet des Objets a été en 2014, selon le Hype Cycle de Gartner, une des technologies sur laquelle reposaient le plus d'attentes. Cette illustration a pour but d'offrir une vue d'ensemble pour tous les secteurs sur les tendances ou les technologies que les différents responsables R&D, entrepreneurs, développeurs de marchés mondiaux ou encore les équipes de technologies émergentes devraient prendre en compte dans l'élaboration de portefeuilles de technologies émergentes. (Gartner, Inc, 2014)

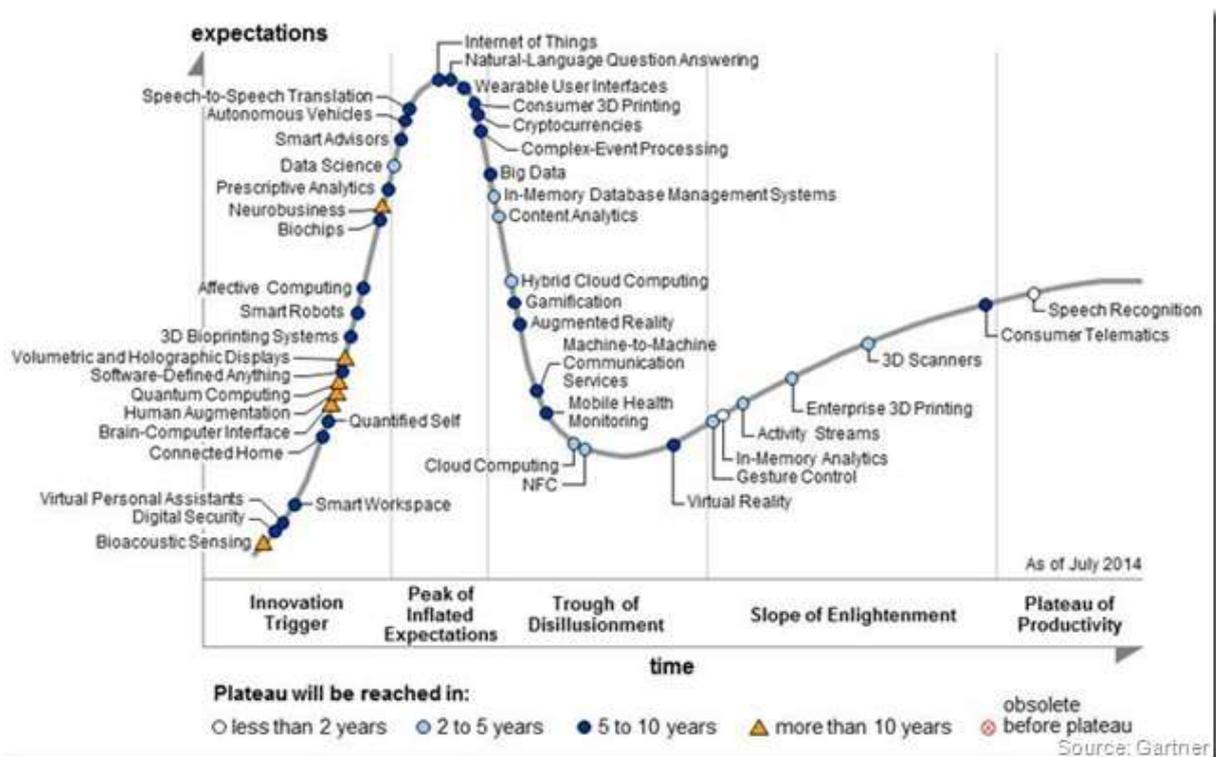


Figure 2 Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies (Gartner, Inc, 2014)

1.5 Technologies et infrastructures utilisées

À présent que nous avons explicité le contexte, les origines et proposé plusieurs définitions de l'IoT, nous pouvons nous interroger sur les diverses technologies et infrastructures mises en place afin de supporter l'IoT ?

Nous savons que l'Internet des Objets permet aux utilisateurs d'apporter leurs objets physiques dans le monde numérique. Tout cela a été possible grâce à différentes technologies telles que le NFC, les RFID ou encore les codes-barres en 2D qui permettent donc aux différents objets d'être identifiés et référencés sur internet. (Razzak, 2012)

Cependant, d'un point de vue technique, l'IoT n'est pas le résultat d'une seule nouvelle technologie, mais bien l'aboutissement de plusieurs développements techniques complémentaires qui fournissent des fonctionnalités. Ensemble, ces dernières permettent de combler le fossé qui sépare le monde virtuel et le monde physique. Ces fonctionnalités incluent :

- *La communication et la coopération* : les objets ont la capacité de se mettre en lien, en réseau avec des ressources provenant d'internet et même entre eux (donc entre objets). Ils ont également la capacité d'utiliser des données, des services tout en mettant à jour leur état. (Mattern & Floerkemeier, 2010)
 - o *Technologies utilisées* :
 - GSM
 - UMTS
 - Wi-Fi
 - Bluetooth
 - ZigBee
 - Et d'autres systèmes de réseaux sans fil toujours en cours d'élaboration tel que le WPANs (Wireless Personal Area Networks)
- *L'adressabilité* : les objets peuvent être localisés et traités via des services de découverte, de recherche ou encore de dénomination. Tout cela peut être réalisé et configuré à distance (Mattern & Floerkemeier, 2010)
- *L'identification* : tous les objets sont identifiables de façon unique. Leur identification permet de les lier à des informations associées à l'objet particulier et ces données peuvent être récupérées à partir d'un serveur à condition que le médiateur (= par exemple un lecteur RFID ou un smartphone) soit connecté au réseau. (Mattern & Floerkemeier, 2010)
 - o *Technologies utilisées* : Elles permettent d'identifier des objets passifs ne disposant pas de ressources énergétiques intégrées (avec l'aide du médiateur) :
 - RFID
 - NFC
 - Codes-barres
- *La détection* : les objets collectent des informations sur leur environnement avec des senseurs, les enregistrent, les envoient ou réagissent directement avec eux. (Mattern & Floerkemeier, 2010)

- *Le déclenchement* : Les objets contiennent des déclencheurs pour manipuler leur environnement (par exemple en convertissant des signaux électriques en mouvements mécaniques). De tels dispositifs peuvent être utilisés pour commander à distance des processus via Internet. (Mattern & Floerkemeier, 2010)
- *Le traitement de l'information intégrée* : les objets dits « intelligents » ou « smart » sont dotés d'un processeur et d'une capacité de stockage de données. Tous ces éléments donnent la possibilité à l'objet intelligent de traiter et d'interpréter ces informations afin de donner à ces produits une « mémoire » pour savoir comment ils ont été utilisés. (Mattern & Floerkemeier, 2010)
- *La localisation* : de nos jours, les objets intelligents peuvent être soit au courant de leur position ou peuvent également être localisés. (Mattern & Floerkemeier, 2010)
 - o *Technologies utilisées* :
 - GPS
 - Réseau mobile
 - Mesure de temps de vol par ultrasons
 - Balises radio
 - UWB
 - Autres technologies optiques
- *Les interfaces des utilisateurs* : les objets « intelligents » peuvent communiquer avec les utilisateurs de façon directe ou indirecte via des interfaces utilisateurs, des méthodes de reconnaissance vocale, faciale ou encore via la gestuelle. (Mattern & Floerkemeier, 2010)

1.6 Classification des objets/choses

Les objets, choses ou *things* issus de l'Internet des Objets (*Internet of Things*) vont s'influencer les uns les autres en fonction de leurs capacités fonctionnelles (par exemple, la puissance de calcul, la connectivité réseau, la puissance disponible, etc.) ainsi que du contexte et des situations. Ces objets seront impliqués dans différents processus. Certains de leurs caractéristiques et attributs sont regroupés sous 5 domaines fonctionnels proposés par le Cluster of European Research Projects on the Internet of Things (2010). Notons que chaque domaine s'applique aux domaines supérieurs.³

³ Par exemple, le domaine 1 est compris dans tous les domaines supérieurs (2, 3, 4 et 5)

Domaine 1 : Caractéristiques fondamentales

Les objets :

- Peuvent être des entités réelles ou virtuelles
- Disposent d'une identité et il existe des moyens afin de les identifier automatiquement
- Sont sans danger pour l'environnement
- Ainsi que leurs représentations virtuelles respectent la vie privée, mais également la sécurité pour tous les autres objets et personnes avec lesquels ils interagissent.
- Utilisent des protocoles afin de communiquer avec l'infrastructure et entre eux
- Sont impliqués dans l'échange d'informations entre le monde réel et virtuel

Domaine 2 : Caractéristiques communes à tous les objets, même les plus élémentaires.

Les objets :

- Peuvent utiliser des services qui leur servent d'interface
- Peuvent être équipés de certains capteurs qui leur permettent d'interagir avec leur milieu
- Peuvent entrer en compétition avec d'autres objets pour des ressources, des services et sont sujets à des pressions.

Domaine 3 : Caractéristiques des choses sociales

Les objets :

- Peuvent communiquer entre eux, avec d'autres personnes et également d'autres appareils
- Peuvent collaborer ensemble afin de créer des groupes ou des réseaux
- Peuvent initier la communication

Domaine 4 : Caractéristiques des choses autonomes

Les objets :

- Peuvent faire plusieurs tâches de manière autonome
- Peuvent négocier, comprendre et s'adapter à leur milieu
- Peuvent extraire des modèles à partir de l'environnement dans lequel ils sont ou apprendre à partir d'autres objets
- Peuvent prendre des décisions à partir de leur capacité de raisonnement

- Peuvent évoluer de façon sélective et faire propager les informations

Domaine 5 : Caractéristiques des choses qui sont capables de s'autorépliquer ou de contrôler

- Les objets peuvent à la fois gérer, créer et détruire d'autres objets

(Friess, Guillemin, Sundmaeker, & Woelfflé, 2010)

1.7 Caractéristiques fondamentales de l'Internet des Objets

Nous allons désormais discuter des caractéristiques fondamentales de l'Internet des Objets qui sont au nombre de 5 ainsi que de leurs exigences

- *L'interconnectivité* : Tous les objets présents dans l'Internet des Objets peuvent être connectés à l'infrastructure mondiale de l'information et de la communication (Union Internationale des télécommunications, 2012). Parmi les formes de connectivités les plus connues entre l'IoT et internet, nous retrouvons l'Ethernet. Cependant, tous les appareils peuvent se connecter via une large variété de mode de connexion et de technologies, qu'elles soient avec (Ethernet) ou sans fil. Comme le précise IBM Journal (2018), nous pouvons retrouver dans les options sans fil les technologies : ANT+, Bluetooth, EDGE, GPRS, IrDA, LTE, NFC, RFID, Weightless, WLAN, ZigBee, et Z-Wave.
- *Les services reliés aux objets* : l'IoT est capable de fournir des services qui sont liés aux objets tout en tenant compte des contraintes telles que la protection de la vie privée ainsi que la cohérence sémantique entre les objets physiques et leur(s) objet(s) virtuel(s) associé(s) (Patel & Patel, 2016)
- *L'hétérogénéité* : Étant donné qu'ils sont basés sur des plates-formes matérielles ou des réseaux différents, les appareils reliés à l'IoT sont hétérogènes. Ils peuvent ainsi interagir avec d'autres appareils et dispositifs ou des plates-formes de service via d'autres réseaux (Union Internationale des télécommunications, 2012)
- *Les changements dynamiques* : l'état des dispositifs (par exemple, connecté/déconnecté) change de manière dynamique tout comme le contexte dans lequel ces dispositifs fonctionnent qu'il soit relié au cadre spatio-temporel, comme le précise l'Union Internationale des télécommunications (2012) ou également dans le cadre de la vitesse ou encore de la localisation comme l'indiquent Patel & Patel (2016). Il est important de noter que leur nombre est également susceptible d'évoluer lui aussi.

- *Une très grande échelle* : Dans le futur, l'ensemble des dispositifs sera au moins dix fois plus nombreux qu'à l'heure actuelle comme le précise l'Union Internationale des télécommunications. Ils devront donc être à la fois gérés et être capables de communiquer entre eux. Le rapport qui existe entre les connexions établies par des dispositifs ainsi que celles établies par des personnes deviendra beaucoup plus favorable aux premières. C'est une des raisons pour laquelle la gestion ainsi que l'interprétation des données générées seront critiques (2012). Compte tenu des milliards de zettaoctets⁴ de données qui feront partie de notre futur, l'extensibilité est une caractéristique évidente et une exigence de l'IoT, car certaines solutions issues de cette technologie ne révéleront leur potentiel qu'à l'échelle à partir de laquelle elles deviendront exploitables (IBM Journal, 2018)

⁴ 10²¹ octets ou encore 10¹² Giga octets

2 Méthodologie de ce mémoire

2.1 Revue de littérature et interviews

Afin d'évaluer l'impact de l'Internet des Objets dans le futur de la logistique et du transport routier, une revue de littérature ainsi que des interviews auprès de professionnels du milieu ont été effectuées.

La revue de littérature avait différents buts. Tout d'abord, elle nous a permis d'établir le contexte de notre problématique, d'acquérir le vocabulaire y étant lié, de comprendre la structure du sujet, d'établir un lien entre la théorie et la pratique pour finalement faire une synthèse de ce qui a déjà été réalisé dans le passé. (Dumez, 2011)

Afin de confronter la théorie à la réalité du monde du transport, plusieurs interviews ont été réalisées. Ces dernières ont été menées auprès de divers types d'institution tantôt privée, tantôt publique. Ces personnes ont été choisies sur base de leurs compétences, de leur spécialité ou encore de leur expérience du monde de la mobilité et du transport routier.

Bien qu'un guide d'interview ait été réalisé⁵, ce dernier servait à donner une structure tout en restant flexible au niveau des questions dans le but de permettre aux répondants d'être le plus spontanés dans leur description et explication. (Brinkmann, 2014)

Les différentes personnes interrogées sont :

- Mario Cools, professeur à l'université de Liège à la Faculté des Sciences Appliquées ainsi qu'à la KUL. Ses travaux ainsi que ses recherches sont principalement axés sur l'économie des transports, leur analyse, la modélisation architecturale et urbaine ou encore l'urbanisme et l'architecture
- Damien Schils, *General Manager* de chez Magetra International
- Jean-François Gaillet, directeur innovation et technologie de l'institut Vias
- Charlotte De Broux, attachée à la direction stratégie de Bruxelles Mobilité
- Mathieu Strale qui est « licencié en géographie et détient un master complémentaire en sciences et gestion de l'environnement. Ses recherches doctorales portent sur la géographie de la logistique et du transport de marchandises et en particulier sur l'insertion de Bruxelles et de la Wallonie au sein de cette activité. » (ULB, 2018)

⁵ Guide d'entretien disponible en Annexe 11

- Bernard Piette, *General Manager* de Logistics in Wallonia qui est « le Pôle de Compétitivité dédié au secteur Transport, Logistique et Mobilité en Wallonie » (Logistics in Wallonia, 2018) la mission principale est d'aider et accompagner les entreprises wallonnes dans leurs processus d'optimisation logistiques.
- Bernard Paci, responsable marketing et communication chez Mercedes-Benz Belgium

2.2 Enquête « We Are Transport »

Une enquête a été menée dans le but de mieux discerner le monde et le marché du transport en regroupant un maximum d'avis de professionnels réunis lors de l'exposition « We Are Transport » des 1, 2 et 3 juin 2018 à Brussels Expo. Elle cherchait principalement à regrouper les avis des répondants via différentes questions liées à l'Internet des Objets par exemple, l'utilisation de la technologie, leur opinion vis-à-vis de cette dernière ou encore la volonté à payer des entreprises pour s'équiper de telles technologies.

3 Les impacts de la technologie dans le domaine de la logistique et du transport routier

Dans ce chapitre, bien que les applications soient nombreuses et variées comme nous pouvons le constater sur la figure 3 ci-après. Nous allons tout d'abord discuter des applications de la technologie IoT. L'objectif est de découvrir toutes les utilisations potentielles liées au monde du transport routier et de la logistique que la littérature identifie avant d'analyser les challenges liés à la technologie. En parallèle, les avis des experts interviewés permettront d'établir la liaison entre le cadre théorique de la littérature et confronteront la réalité du monde de la logistique et du transport.

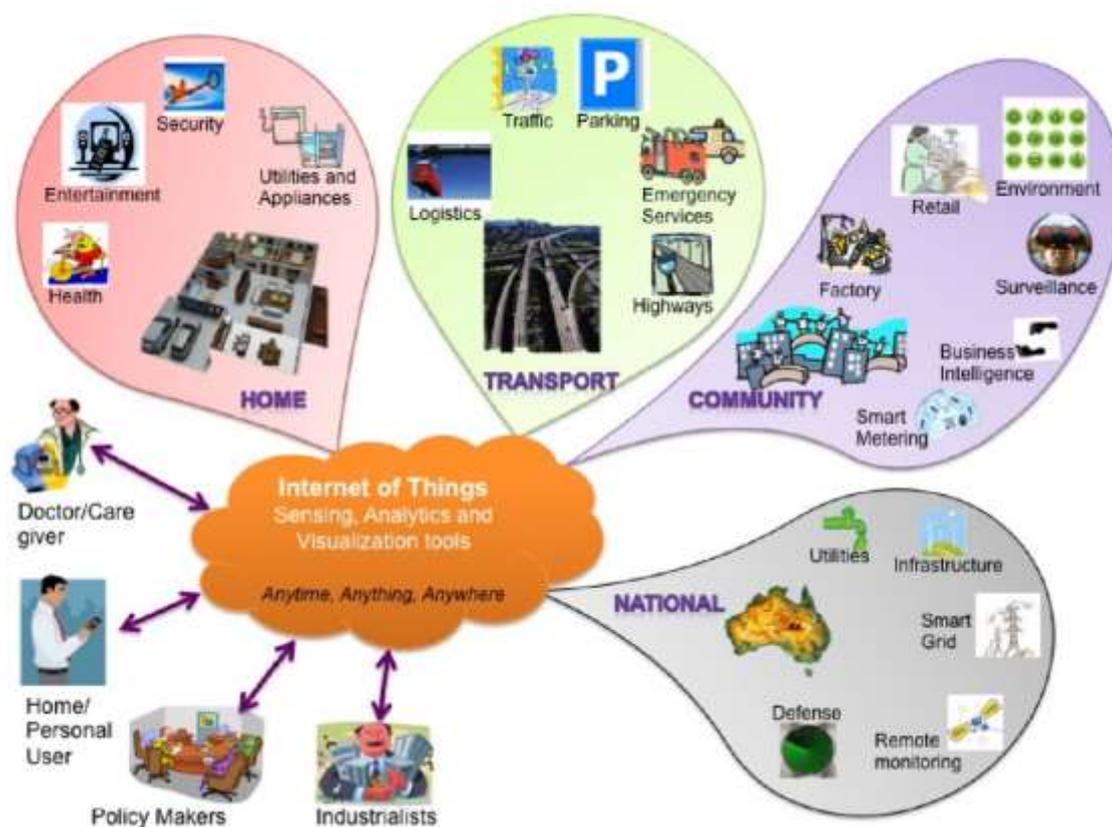


Figure 3 Applications de l'Internet des Objets

3.1 Applications spécifiques liées à la logistique et au transport routier

Selon Buyya, Gubbi, Marusic, & Palaniswami (2013), bien que l'IoT soit utilisé dans beaucoup de catégories, nous pouvons les regrouper en 4 domaines d'application. Ces derniers sont :

- Le *domaine personnel* et de la maison qui est à l'échelle des individus ou des habitations.
- Le *domaine de l'entreprise* qui est à l'échelle de la communauté.
- Le *domaine des services publics* qui est, pour sa part, relié soit à l'échelle nationale soit à l'échelle régionale.
- Le *domaine mobile* qui est la plupart du temps étendu sur plusieurs domaines, dû à la nature de la connectivité et de l'échelle d'application.

Dans le cadre de ce chapitre, nous allons spécifiquement discuter des applications liées à la logistique et au transport routier et donc au domaine de l'entreprise évoqué ci-dessus. Les différents sujets d'applications seront évoqués et seront suivis d'une description expliquant l'impact de l'IoT.

3.1.1 Automobile et gestion de flotte

Les applications dans le domaine de l'industrie automobile sont nombreuses et nécessitent l'utilisation « d'objets intelligents ». Ces derniers permettent de monitorer et de signaler plusieurs choses en passant de la pression des pneus à la proximité par rapport aux autres véhicules. (Friess, Guillemin, Sundmaeker, & Woelfflé, 2010).

De plus, certains nouveaux véhicules sont équipés de GPS et de capteurs capables de recevoir et d'envoyer des informations de conduite au moniteur et au centre de contrôle via les installations de communication par satellite à tout moment. Le GPS peut être connecté avec les réseaux de capteurs sans fil qui peut être utilisé pour mesurer la vitesse, la direction de conduite. (Al-Sakran, 2015)

Les applications permettent en outre de détecter les dangers, d'avertir en cas de sortie de voie, de réguler la vitesse de façon adaptative ou encore de fournir des systèmes automatiques de freinage grâce à des détections de collision. Environ 75% des voitures et des camions ayant été questionnés par le Consumer Reports en 2017 disposent de façon standard ou facultative de ce dernier dispositif. (Straub, 2017)

Toujours selon Straub (2017), ces systèmes d'alerte peuvent, lorsqu'un conducteur s'écarte de sa voie, lui fournir une alerte sonore. Ils peuvent également contrôler la vitesse de façon adaptative en maintenant une distance de sécurité avec la voiture qui est devant.

Certaines entreprises telles que Goodyear se lancent dans des solutions issues de Big Data et de l'analyse prédictive en proposant aux entreprises un logiciel de gestion des flottes. Ce dernier permettrait de tenir au courant les gestionnaires de l'état des pneus et des coûts actuels afin d'éviter les crevaisons et de réduire le coût total d'exploitation. Les gestionnaires de flotte de partout dans le monde sont passés du simple contrôle des véhicules à un système bien plus informatisé via des services de gestion de flotte. Ces derniers permettent de regrouper l'ensemble des données provenant des véhicules, des conducteurs ainsi que de l'ensemble du réseau logistique en une et une seule équation fournissant des informations en temps réel. Selon l'auteur, la clé est de transformer l'ensemble des données en information utilisable dans le but de mieux gérer le coût total des opérations. Cette visibilité des coûts pourrait en outre apporter une véritable valeur ajoutée pour le B2B. Tous ces coûts liés aux pneus, à la gestion du carburant, du comportement des conducteurs et des autres senseurs et infrastructures présentes dans les véhicules permettent d'apporter une valeur ajoutée significative tout en améliorant le temps de fonctionnement des véhicules et la gestion de leurs coûts. (Singh, 2016)

Grâce à l'Internet des Objets, un fabricant ou un transporteur sait où se trouve chacun de ses véhicules à un moment donné durant tout le processus de transit. Il peut donc ainsi monitorer ce qui se passe, vérifier si les délais seront respectés et être immédiatement prévenu dans le cas d'une panne ou de n'importe quel autre problème rencontré. (Arnold, 2018)

3.1.2 Services d'urgence

Récemment, Cisco a fait équipe avec le *California Shock Trauma Air Rescue service* qui est une ambulance aérienne. Grâce à l'IdO et à l'utilisation de ses fonctions de répartition, lorsqu'un appel arrive, l'emplacement est géolocalisé et la mission est assignée à l'équipe la plus proche qui est directement dépêchée sur les lieux. De plus, grâce à cette technologie, l'ensemble de l'opération est monitoré tout au long du processus. (Arnold, 2018)

3.1.3 Gestion du trafic

Une des problématiques parmi lesquelles de plus en plus de villes se penchent est la congestion ainsi que l'accès aux parkings. Selon une étude commanditée par le *Juniper Research*, une infrastructure intégrée de systèmes de circulation intelligents, des routes plus sûres, des parkings dirigés, des péages sans friction et des paiements de stationnement peuvent redonner

jusqu'à 60 heures par an aux conducteurs coincés dans leur voiture. Les données provenant de l'Intelligent Transportation Society of America montre que 30% de la congestion du trafic au sein des villes est due aux conducteurs qui recherchent une place pour se garer. (Forbes, 2018) L'IoT propose également un transport intelligent grâce à des informations en direct du trafic ainsi que des optimisations de trajet. (Buyya, Gubbi, Marusic, & Palaniswami, 2013)

Via d'autres intégrations, l'Internet des Objets permet également de tirer parti de la communauté. En effet, via l'application GPS Waze les utilisateurs peuvent interagir et ont créé un système de surveillance et d'assistance mutuelle pour naviguer dans un trafic dense. (Global Agenda Council on Social Media, 2016)

Dans son quartier de l'innovation, Las Vegas est en train d'expérimenter certains projets pilotes. L'un des objectifs principaux de cette zone du centre-ville est d'améliorer la circulation en déployant des capteurs aux intersections en combinaison avec du *machine learning*⁶. Les capteurs présents peuvent compter le nombre de véhicules ainsi que les piétons pour, au final, laisser le système apprendre de lui-même. Il remarquera, par exemple, que la circulation du lundi est différente que celle du vendredi. Il pourra ainsi proposer des recommandations dans le but d'optimiser le flux de trafic. (Forbes, 2018)

Certains systèmes intelligents d'administration du trafic sont proposés afin de réduire les problèmes de congestion, de perte de temps, de pollution ou encore de dommages matériels. Ces systèmes incluent 3 différentes couches qui sont :

- La couche application : les fonctions principales de cette couche sont la collecte, le stockage ainsi que le traitement des données relatives au trafic afin de produire des services à valeur ajoutée. (Al-Sakran, 2015)
- La couche réseau (ou transport) : elle est constituée de toutes sortes de réseaux privés, d'internet, de réseaux de communication avec et sans-fil, de systèmes de gestion de réseaux ou de positionnement (GPS), de services généraux de paquets radio sans fil (GPRS), Wi-Fi ou encore Ethernet. La couche réseau est responsable de la transmission de données sécurisées et fiables ainsi que du traitement des informations provenant de la couche d'acquisition (Al-Sakran, 2015)
- La couche d'acquisition : elle est constituée de multiples capteurs et de passerelles entre ces derniers (RFID, WSN, caméras, terminaux intelligents) qui transmettent des

⁶ Apprentissage des machines

données mobiles, et autres senseurs collectant des informations sur le trafic et l'identification des objets en temps réel (Al-Sakran, 2015)

3.1.4 Les infrastructures intelligentes

Comme décrit par Amoretti, Busanelli, Ferrari, Picone, & Zanichelli (2014), la technologie ITS promet d'améliorer la sécurité, l'efficacité des infrastructures, ou encore la durabilité de nos systèmes de transport grâce à toutes les technologies de l'information et de la communication. Au cours des dernières décennies, l'ITS ont attiré tous les chercheurs, entreprises automobiles et les gouvernements. De nombreux projets ont été menés, que ce soit au Japon, aux USA ou encore en Europe. Les applications sont nombreuses et peuvent être classées en 3 catégories :

- La sécurité des transports :
 - o Applications de sécurité renforcées : elles visent à éviter les collisions imminentes et à minimiser les dommages lorsqu'elles sont inévitables. Dans ce genre de cas, la latence des communications doit être minimale pour permettre au conducteur de prendre une décision le plus rapidement possible.
 - o Applications de sécurité douce : elles visent à augmenter la sécurité du conducteur, mais ne nécessitent pas de réaction immédiate du conducteur, car les dangers ne sont pas imminents. Par exemple : avertissement des conditions météorologiques, de la route, de la circulation ou encore de la congestion.
- L'efficacité des transports : ses applications sont principalement axées sur l'amélioration de la fluidité du trafic. Par exemple, la navigation, le guidage routier, les services d'information routière.
- Les services aux usagers fournis aux véhicules : ils visent à rendre la conduite plus agréable. Par exemple : lecture de mails, téléchargement de média ou encore les réseaux sociaux⁷

⁷ Waze et Coyote par exemple

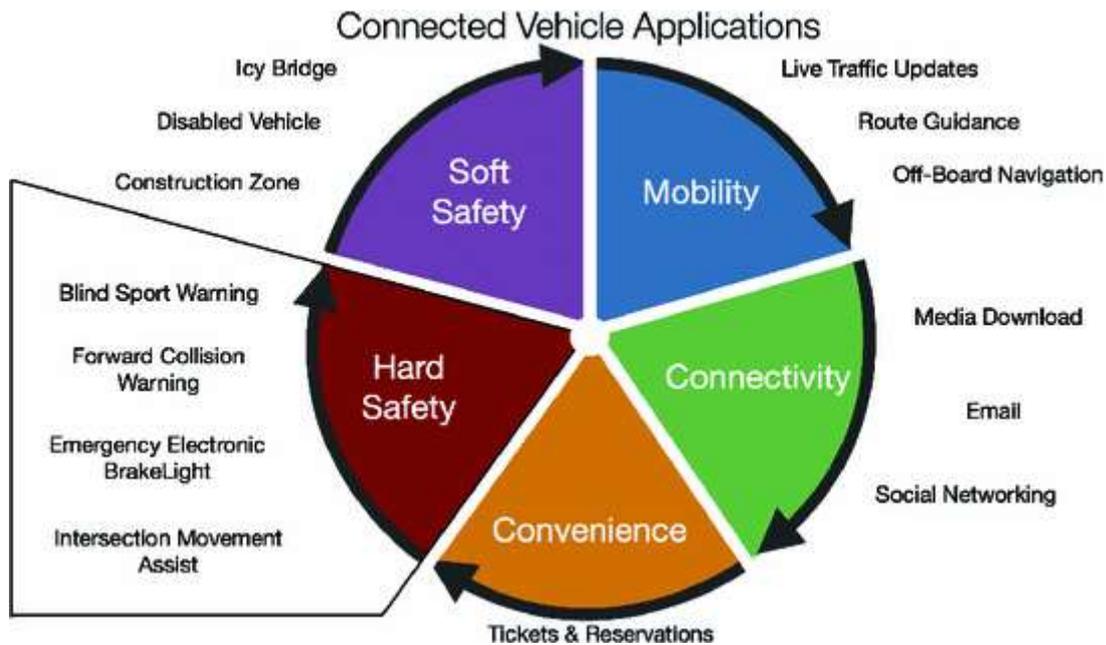


Figure 4 Classification des applications

Par exemple, l'idée d'utiliser des capteurs pour réguler le temps de cycle d'un feu de circulation commence à être employée par l'industrie et plus particulièrement dans des conditions de faible circulation. (Alonso, et al., 2011)

En Belgique, des infrastructures *Viapass* sont mises en œuvre pour les poids lourds de plus de 3.5 tonnes depuis le premier avril 2016. Ces dernières permettent d'effectuer un prélèvement kilométrique sur les routes à péage pour les poids lourds en facturant de façon automatique via un boîtier présent à bord du véhicule. (Viapass, 2016) En Allemagne aussi, un système similaire du nom de *Toll Collect* existe. (Toll Collect GmbH, 2018)

3.1.5 Logistique et supply chain

Selon Dabanc (2017), le domaine de la *supply chain* et de la logistique a pris une plus grande importance au cours des dernières années. Ces domaines sont d'une importance capitale pour certaines grandes entreprises et ne sont désormais plus considérés comme des fonctions de second plan. Pour cette raison, une discussion sur les changements technologiques dans les domaines de la *supply chain* et de la logistique sera menée. Nous aborderons également les nouvelles applications pratiques que ce changement technologique vers l'IoT entraîne.

Afin de faciliter la maîtrise des flux de matière et de produits (semi-) finis, de nombreux logiciels ont été créés. Par exemple, citons les ERP, les APS ou encore les WMS. Ces derniers sont soumis à plusieurs défis tels que l'incertitude de la demande, de la coordination ou encore de la gouvernance globale de leur chaîne logistique. Dans le but de résoudre ces problèmes,

l'IoT dispose de certains outils tels que la technologie RFID ou NFC. (Durand, Moh, Zanfack, & Fortin, 2014)

L'implémentation des technologies RFID et NFC permet aux entreprises de disposer de plusieurs avantages concurrentiels. Elles permettent, entre autres, de monitorer presque chaque étape de la chaîne d'approvisionnement comme nous allons le décrire plus en profondeur dans la suite de ce travail. (Agrawal & Viera, 2013) Par exemple, ces technologies sont utilisées afin de gérer le flux de production, d'améliorer la logistique, d'augmenter la qualité des contrôles tout en améliorant le service rendu au client tout en permettant de fournir des données en direct sur tout le processus de fabrication. Par exemple, dans le secteur automobile, les différents dispositifs attachés aux pièces du véhicule permettent de fournir certaines informations, telles que le nom du producteur de la pièce, le lieu et la date de fabrication du produit ainsi que son type et numéro de série et, dans certains cas, la localisation de la pièce. L'utilisation de ces technologies permet donc de gagner en visibilité tout au long du processus de fabrication. (Friess, Guillemin, Sundmaeker, & Woelfflé, 2010).

Avec l'aide de l'IoT, il est possible de suivre les inventaires présents dans les entrepôts afin que les stocks soient réapprovisionnés au moment adéquat, de telle sorte que la vente puisse être continue. Cette fonctionnalité permet dès lors de réduire le temps d'attente des clients, ce qui se traduira par une meilleure satisfaction de ces derniers et donc, de meilleures ventes potentielles. (Agrawal & Viera, 2013)

Cette technologie permet d'apporter un certain lot de corrections dans le monde de la gestion de la chaîne d'approvisionnement tel qu'un suivi du transit et de la livraison de la matière première jusqu'à une usine. Étant donné que beaucoup de fabricants comptent sur la ponctualité de leurs fournisseurs, lorsque ces derniers peuvent utiliser un système de RFID, tout le monde peut ainsi connaître l'itinéraire et les horaires de livraison. Cela permet d'apporter une transparence totale aux deux extrémités de la chaîne. Lorsque des livraisons dans de grandes usines sont effectuées sans interruption, la perte d'une de ces dernières sur le chantier peut être désastreuse en termes d'organisation et de temps perdu. Dans un tel cas, la technologie RFID peut résoudre ce problème. En effet, elle fournit un suivi des matériaux et des produits présents dans l'usine sans que ces derniers ne puissent être égarés par inadvertance. (Arnold, 2018)

3.2 Quels sont les challenges de l'IoT ?

Il serait impossible de regrouper l'ensemble des problématiques autour du concept de l'Internet des Objets en un seul travail. Dès lors, nous chercherons à développer 4 sujets parmi les 5 plus importants et les plus discutés de la littérature selon Rose, Eldridge, & Chapin (2015), à savoir :

- La sécurité
- La vie privée
- L'interopérabilité
- La partie légale

La partie concernant les économies émergentes et en développement avancée par les auteurs n'a pas été développée dans le cadre de ce travail. Bien que l'IoT soit présent dans les pays en voie de développement, ces applications sont principalement liées à la lutte contre la pauvreté ou encore le traitement des eaux. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015) Nous avons dès lors considéré que ces discussions pouvaient faire l'objet d'un autre débat et ne seront donc pas examinés dans le cadre de ce travail.

Les questions et challenges relatifs à chaque problématique seront soulevés et les avis des experts interviewés appuieront les discussions ci-après.

3.2.1 La sécurité

Les appareils liés à l'Internet des objets sont conçus afin d'être déployés à une échelle importante. C'est pour cette raison que le potentiel de liens entre tous ces appareils est encore sans précédent dans l'histoire. En effet, ils devront établir des liens et communiquer entre eux d'une façon adaptative et dynamique. C'est pourquoi le challenge de la sécurité liée à l'IoT doit impérativement être prise en considération Bien que certaines interrogations sur la sécurité aient existé préalablement à l'apparition de la technologie, leur importance est devenue proportionnelle à l'échelle que prend l'IoT. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015) Si l'IoT ne peut pas fournir de bonnes réponses quant à la sécurité, cela réduira très largement son développement (Jing, Lu, Qiu, Vasilakos, & Wan, 2014). Nous allons dès à présent discuter des différents aspects liés à la sécurité abordés dans la littérature.

- *Les bonnes pratiques de design* : les ingénieurs ainsi que les développeurs devront réfléchir sur les meilleures pratiques en termes de design, afin que les dispositifs soient les plus sûrs possible. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015) Ils ne devront pas oublier que,

selon une étude menée par Hewlett Packard, 70% des appareils les plus utilisés avec l'IoT auraient des failles de sécurité. (Lee & Lee, 2015)

- *Le coût vs compromis en matière de sécurité* : les partis prenants devront se poser des questions quant à la quantification et à l'évaluation des risques en matière de sécurité. Ils devront également se questionner sur ce qui motivera les fabricants à accepter certains coûts supplémentaires pour rendre les appareils plus sécurisés et plus particulièrement d'assumer leurs responsabilités en cas de faille. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Normes et métriques* : pour ce point, il est question du rôle des normes techniques et opérationnelles pour le déploiement de ces dispositifs de sécurité. À ce jour, il n'y a toujours pas d'uniformisation internationale quant à l'encodage des puces RFID (Jing, Lu, Qiu, Vasilakos, & Wan, 2014). Il sera important d'identifier et de mesurer efficacement les caractéristiques de la sécurité des dispositifs et les initiatives mises en œuvre pour palier à cette problématique. La question : « Comment s'assurer que les meilleures pratiques en matière de sécurité soient mises en œuvre ? » permet de résumer la situation. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Confidentialité des données, authentification et contrôle des accès* : la problématique évoquée dans ce sous-point est liée au cryptage des données. Est-ce que le cryptage seul sera en lui-même, capable de constituer une solution adéquate contre le détournement des flux de données ? Si tel était le cas, quelle serait la technologie de chiffrement et d'authentification utilisée, sans toutefois oublier les contraintes de coûts et de vitesse de traitement ? (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015). Certains modèles combinant le cryptage, signature et authentifications sont proposés afin d'établir des connexions sécurisées entre différents objets (Coen-Porisini, Grieco, Rizzardi, & Sicari, 2015)
- *Mise à niveau sur le terrain* : est-ce que les appareils devraient être conçus afin d'être maintenus et mis à jour sur le terrain pour s'adapter à l'évolution des menaces ? (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Responsabilité partagée* : la question principale à se poser pourrait se résumer à celle-ci : « Comment peut-on encourager le partage des responsabilités et la collaboration en matière de sécurité de l'Internet des Objets dans l'ensemble des partis prenants ? » (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Régulation* : il serait pertinent de se demander pour ce point, si les fabricants devraient être punis pour avoir vendu des logiciels ou des appareils présentant des failles de

sécurité connues et comment adapter les lois de protection du consommateur afin de couvrir ce genre d'externalité négative. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

- *Obsolescence des appareils* : quelle est la bonne approche à adopter avec les dispositifs IoT obsolètes au fur et à mesure que l'Internet évolue et que les menaces à la sécurité changent ? (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

3.2.1.1 *L'avis des experts*

La sécurité est un des points les plus importants soulevés par les experts. Ces derniers avancent que des systèmes de back-up seront présents dans le cas d'une défaillance de système. Cela signifie que si un des systèmes avait une défaillance, un autre prendrait le relais afin de permettre au véhicule de continuer de rouler. Il y aurait une sorte de couplage de plusieurs technologies qui seront associées et se recouperont les unes les autres. Par exemple, les lasers/radars/RFID recourent leurs informations entre elles et s'auto-vérifient afin de valider une information. Un autre expert avance que les constructeurs automobiles sont déjà en train de se pencher activement sur la problématique de la sécurité avec une armée entière d'ingénieurs et d'informaticiens. Les constructeurs ont également fait appel à des hackers afin que ces derniers essaient de s'infiltrer dans le système pour y retirer certaines informations sur le véhicule, le conducteur ou tout simplement pour prendre le contrôle du véhicule. Pour résumer, ils ont pour but de tester la solidité des systèmes de sécurité. Selon les experts, si un des constructeurs présentait une faille dans la sécurité de son système, ce serait très certainement un gros coup dur pour cette entreprise qui pourrait éventuellement la mener jusque sa perte.

Il est également important de sécuriser les informations quant au contenu des cargaisons. De façon plus générale, l'IoT représente un danger selon certains experts. Plus particulièrement, les appareils connectés à la technologie pourraient faire l'objet d'attaques par déni de service⁸ de la part des pirates.

En ce qui concerne la sécurité des utilisateurs du réseau, certaines expériences, comme celle imaginée par le *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), questionnent l'intérêt public quant à la décision que le véhicule autonome devrait prendre dans le cas d'un accident inévitable qui mènerait à la mort d'utilisateur(s). Le cas échéant, qui le véhicule autonome devrait-il tuer ?

⁸ Ces attaques sont aussi appelées « attaques DDoS »

3.2.2 La vie privée

Le respect des droits quant à la vie privée fait partie intégrante de la confiance dans l'Internet. Les défis posés par l'IdO en matière de protection de la vie privée sont d'une importance critique, car ils ont des implications sur les droits fondamentaux et sur nos droits à la capacité collective de faire confiance à l'Internet et aux appareils qui s'y connectent. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015) Si le signal des utilisateurs est interrompu ou intercepté, la vie privée de ce dernier peut être compromise. (Alaba, Alotaibi, Hashem, & Othman, 2017) De plus, nos appareils reliés à l'IoT peuvent fournir des données sensibles telles que la localisation ou encore certaines conditions de santé (sommeil, rythme cardiaque, etc.) (Lee & Lee, 2015). Dès lors, certaines questions se doivent d'être posées.

- *L'équité dans la collecte et l'utilisation des données* : la problématique principale soulevée par ce point concerne la différence de perception de valeur. En effet, elles ont une valeur personnelle et commerciale que les sources et les collecteurs valorisent différemment. Comment ces intérêts distincts pourraient être exprimés d'une manière conduisant à des règles équitables et cohérentes ? (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *La transparence, l'expression et l'application de la loi sur la vie privée* : faudra-t-il changer le modèle traditionnel de consentement en matière de vie privée ? Quel serait le modèle applicable et efficace afin de faire respecter ces règles par rapport aux préférences individuelles ? (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *De vastes attentes en matière de protection de la vie privée* : ces dernières sont très liées à l'environnement social et à l'identité de l'utilisateur. Comment les appareils liés à l'IoT pourront-ils reconnaître et respecter la volonté des utilisateurs compte tenu de leurs différentes attentes. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *La protection de la vie privée dès la conception* : plusieurs questions sont évoquées pour ce point. Comment faudra-t-il encourager les fabricants afin que ces derniers prennent en compte le respect de la vie privée dans la conception des appareils. Faudrait-il pour cela réconcilier les exigences en matière de fonctionnalités et en matière de protection de la vie privée ? (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Identification* : comment pourrions nous protéger les données recueillies par l'IoT qui ont été dépersonnalisées, mais qui pourraient être réidentifiées ou rattachées à un individu (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015) Il est en effet important que les protections mises en œuvre ne doivent pas empêcher l'authentification de l'origine des données (Union Internationale des télécommunications, 2012) Par exemple, une personne sur un

réseau routier identifiée à l'aide d'un smartphone pourrait très bien être reconnue sur ce réseau en tant qu'utilisateur anonyme, de façon cryptée et par la suite être identifiée de façon plus personnelle à son insu.

3.2.2.1 *Avis des experts*

Pour les experts interrogés, la vie privée est un challenge. À partir du moment où l'on peut localiser un véhicule, il y a un problème de gestion de la vie privée. La question sera de savoir où la barrière de la vie privée s'arrête et où l'intrusion dans cette dernière commence. Certains experts avancent que, malgré la réticence des gens par rapport à l'intrusion dans la vie privée, nous sommes constamment suivis par les applications GPS des smartphones sans que cela ne pose spécialement un problème. Il suffirait, dans le cadre d'une infrastructure intelligente reliée aux véhicules du futur et aux autres utilisateurs (piétons, cyclistes), de porter une puce permettant à ce système de détecter les utilisateurs afin de les rendre visibles pour l'infrastructure et les véhicules sans toutefois révéler certaines informations plus sensibles comme l'identité privée.

3.2.3 L'interopérabilité

Comme le rappelle Larousse (2018), l'interopérabilité peut être définie comme ci-après : « Compatibilité des équipements, des procédures ou des organisations permettant à plusieurs systèmes, forces armées ou organismes d'agir ensemble » et plus particulièrement, toujours selon Larousse (2018) : « Capacité de matériels, de logiciels ou de protocoles différents à fonctionner ensemble et à partager des informations ». L'interopérabilité est une des valeurs des plus fondamentales de notre internet actuel, car il exige que les systèmes soient capables de communiquer en utilisant le même langage. Cela permettrait, en outre, d'encourager l'innovation, d'améliorer l'efficacité globale pour toute la chaîne logistique et de stimuler la création d'une valeur économique liée au développement technologique. En effet, selon un rapport de McKinsey Global Institute, l'interopérabilité est nécessaire afin de créer 40 % de la valeur potentielle de l'IoT. Cela pourrait débloquer plus de 4 trillions de dollars par année. D'après le World Economic Forum (2014), la plus grande barrière quant à l'adoption de l'internet industriel serait le manque d'interopérabilité avec 65% des répondants et cela, devant le problème de la sécurité et de la vie privée. L'interopérabilité évoque dès lors certaines questions et challenges que nous allons détailler ci-après. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

- *Choix des consommateurs et propriétaires d'écosystèmes* : certains fabricants arrivent à voir un certain avantage marketing à rendre leurs produits IoT compatibles dans un

certain environnement et limitent ainsi la capacité des consommateurs à interagir avec les produits des concurrents. Certains le voient comme étant une barrière à l'innovation et d'autres le considèrent comme une capacité à créer de nouveaux produits sur une infrastructure et un écosystème fonctionnel. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

- *Les contraintes techniques et financières* : capacité de mémoire, consommation d'énergie ou encore ressources de traitement interne, les fabricants sont mis sous pression afin de réduire le coût de leurs dispositifs. Ils font dès lors, des analyses de bénéfice/coût afin de déterminer s'il est pertinent d'apporter un avantage supplémentaire. Il est en effet coûteux, à court terme, pour les producteurs de fabriquer des appareils interopérables et de les tester à plusieurs normes, même si cela doit être comparé aux gains à long terme. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Les dispositifs qui se comportent mal* : sans standard qui permettrait de guider les producteurs des appareils, ces derniers pourraient se comporter d'une façon qui viendrait à perturber le système. S'ils sont mal conçus, ils pourraient également avoir des conséquences désastreuses sur le réseau, voire pour l'internet en général. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Les systèmes existants* : la standardisation de l'interopérabilité est un challenge qui devra faire face à des systèmes qui sont déjà déployés et opérationnels. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015) Il devient dès lors essentiel pour ces appareils d'être compatibles entre eux. (Agrawal & Viera, 2013) D'autres auteurs rajoutent que dans le but d'améliorer la communication, certaines bonnes pratiques et standards sont requis pour permettre une bonne coordination de tous les appareils et systèmes (Mattern & Floerkemeier, 2010)
- *Configuration* : le challenge résidera dans la capacité des utilisateurs à gérer de plus en plus d'objets connectés. C'est pourquoi il sera essentiel d'avoir un design réfléchi où la normalisation des règles sera fondamentale. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Prolifération* : afin de pouvoir améliorer, harmoniser et développer de nouvelles normes, plusieurs coalitions de nouvelles industries ont vu le jour à côté des associations plus traditionnelles telles que l'organisme d'élaboration des normes. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

3.2.3.1 *L'avis des experts*

Selon les experts interrogés, les niveaux d'informatisations sont très différents selon les entreprises. Il faut absolument que l'Internet des Objets puisse assurer la bonne circulation des informations malgré les différents systèmes mis en place. Un autre problème évoqué par les experts et lié à l'interopérabilité est l'évolution de plus en plus rapide des technologies. Ce qui a comme conséquence de décourager les entreprises désirant investir dans certaines nouveautés, de peur que ces dernières ne puissent pas communiquer entre elles ou qu'elles deviennent obsolètes dans un futur trop proche. Nous sommes dans une espèce de cercle vicieux dans lequel les entreprises veulent investir dans la nouveauté, mais ne désirent pas réaliser ces investissements de peur que la technologie soit obsolète et incompatible.

3.2.4 La partie légale

Selon l'avocat Alain Bensoussan, un spécialiste du droit des technologies, « Les objets sont avec nous, sur nous, en relation avec nous [...] Les conséquences juridiques sont importantes et nécessitent une adaptation du droit : il faut renforcer le contrôle du respect de la vie privée, redéfinir les responsabilités pour ces nouveaux systèmes globaux qui vont de l'homme à l'objet et, enfin, structurer le droit du Big Data. » (Accenture, 2012) Plusieurs questions réglementaires et juridiques susceptibles d'affecter l'ensemble des applications de l'IdO seront discutées ci-après.

- *Protection des données et flux transfrontaliers* : les données récoltées par les appareils liés à l'IdO peuvent, via Internet, communiquer et dépasser les frontières physiques et juridiques. En effet, les données peuvent tout à fait être émises d'un pays et transmises à un autre pour y être stockées. Cela peut donc soulever des problèmes juridiques. Bien que certaines de ces questions ont déjà été soulevées et traitées dans le cadre du trafic des données sur internet, il y a un nouveau défi pour l'IoT. En effet, ces appareils pourront se connecter automatiquement à d'autres et transmettre certaines informations à l'insu de l'utilisateur ce qui peut poser certaines questions d'ordre juridique. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)
- *Discrimination des données de l'IoT* : les données qui sont collectées permettent de distinguer le profil des utilisateurs qui interagissent avec les appareils. Ces données peuvent dès lors avoir une valeur très élevée et être utilisées de façon discriminatoire. Par exemple, dans le cas d'assurances, selon certains profils, la compagnie d'assurance pourrait exercer des prix différents ce qui représenterait une sorte de discrimination. (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015)

- *La responsabilité à l'égard des dispositifs liés à l'IdO* : comme le suggère Rose, Eldridge, & Chapin (2015), si quelqu'un est blessé à la suite de l'action ou de l'inaction d'un dispositif d'IdO, qui sera responsable ? La réponse est souvent compliquée et, dans de nombreux cas, il n'existe pas encore de jurisprudence à l'appui d'une position particulière. Les dispositifs d'IdO fonctionnent de manière plus complexe qu'un simple produit autonome, ce qui suggère une responsabilité plus complexe.

3.2.4.1 *Avis des experts*

D'après les experts, vers la fin des années 1990, la mode était de faire payer une assurance en fonction des comportements. Avec l'aide de boîtes noires, l'assurance pouvait donner une prime plus avantageuse ou inversement par rapport à certains comportements des utilisateurs. Beaucoup de grosses entreprises françaises ont appliqué ces pratiques, mais se sont arrêtées en cours de route. Elles se lançaient, en effet, dans un métier qui n'était pas le leur : la gestion de big data.

D'autres experts belges ont évoqué la lenteur des institutions. Un certain temps risque de s'écouler avant que la structure législative ne soit mise en place, entre les prototypes, les phases de tests ou les accords des différents gouvernements. Certaines lois et décisions politiques doivent, selon les experts, être évaluées d'un point de vue électoral compte tenu des différentes élections auxquels les Belges sont soumis. Ces décisions politiques doivent dès lors se situer dans une période de temps propice à ce genre de décision. Cependant, le SPF mobilité travaille à l'établissement d'un cadre législatif pour mener un projet pilote pour les véhicules autonomes. Il faudra ensuite développer le cadre législatif, ce qui amènera à des réunions entre les différents acteurs. Par la suite, nous rentrerons dans ce projet pilote d'une durée d'environ 2 ou 3 ans qui aura comme but d'évaluer le potentiel d'un tel projet avant d'arriver à une généralisation, sans toutefois oublier d'adapter toute l'infrastructure routière à la technologie.

D'un point de vue légal, tous les ministres européens se sont rencontrés et se sont accordés pour qu'à l'horizon 2021, la législation soit prévue pour les véhicules autonomes. Par exemple, en Belgique, il existe une route qui permet actuellement des essais pour ce genre de véhicules depuis le 1^{er} mai 2018.

3.3 *Quels seront les impacts de l'IoT dans le monde routier de demain ?*

Bien que le milieu du transport routier soit un des catalyseurs ayant contribué à la mondialisation dès les années 1970, nous pouvons constater un changement profond depuis l'arrivée des véhicules électriques, autonomes ou encore des transports partagés qui impactent

les *business models* mais aussi le comportement même des usagers. « Les dynamites sectorielles » auxquelles le secteur fait face avec les émissions de gaz à effet de serre, l'éclatement de la chaîne de valeur ou encore la réduction de la consommation vont influencer les véhicules et les infrastructures de demain. (Hache, 2017)

3.3.1 Quelles seront les infrastructures de demain ?

Les communications dédiées à courte portée (DSRC) offriront également la possibilité de débits binaires plus élevés et réduiront la possibilité d'interférence avec d'autres équipements. Les communications de véhicule à véhicule (V2V) et de véhicule à infrastructure (V2I), quant à elles, feront progresser considérablement le transport intelligent de demain et les applications liées à l'ITS telles que les services de sécurité des véhicules et la gestion du trafic. Ces derniers seront gérés de façon intégrale dans les infrastructures IoT de demain. (Bandyopadhyay & Sen, 2011) Hache (2017) ajoute que les dépenses d'investissement nécessaires pour les infrastructures du futur, d'ici 2030, représenteront entre 2.5 et 3.5% du produit intérieur brut mondial.

La surveillance des embouteillages au moyen des smartphones des utilisateurs et l'utilisation de systèmes de transport intelligents amélioreront et rendront le transport de biens et de personnes plus efficaces. Les entreprises de transport deviendraient plus performantes dans l'emballage des conteneurs lorsque ces derniers peuvent s'auto-scanner et se peser de façon autonome. En effet, cela réduirait la consommation de ressources en optimisant le flux de marchandises. (Friess, Guillemin, Sundmaeker, & Woelfflé, 2010)

Les routes et les différents véhicules seront équipés de capteurs qui auront la capacité de fournir des informations précises et importantes à tout usager. Cela aura comme conséquences de fournir une meilleure navigation et une meilleure sécurité pour tous les utilisateurs des infrastructures, tout en permettant de fournir des informations précises aux gouvernements. Ces derniers auront dès lors la possibilité de disposer de schémas ou de modèles de la circulation routière plus précis et efficaces, dans le but d'effectuer un planning plus performant (par exemple pour les entretiens des routes). En plus des avantages liés aux informations sur les embouteillages et les accidents sur la route, les entreprises pourront aussi tirer profit de ces infrastructures liées à l'IoT. En effet, cela permettra aux sociétés de fret, par exemple, d'optimiser plus facilement leurs itinéraires et donc de faire des économies de temps, de carburant et donc d'argent. Tout cela en fournissant à toute la chaîne d'approvisionnement des informations liées au statut des marchandises tels que les délais de livraison ou les retards

éventuels et d'ainsi combiner ces informations avec les entrepôts pour automatiser le remplissage des magasins (Atzori, Iera, & Morabito, 2010) D'autres auteurs rajoutent également que ce type de données fournies par l'IoT pourra améliorer la gestion des produits frais tels que les fruits, les viandes ou encore les produits laitiers, en permettant aux gestionnaires de disposer des données liées, par exemple, à la température et de l'humidité. (Ilic, Staake, & Fleisch, 2009)

L'implantation de ce genre d'infrastructure a un coût non négligeable, étant donné certaines circonstances telles que le vieillissement de la population au sein des pays de l'OCDE, peut mener à des réductions de budget alloué aux infrastructures routières par les instances publiques. (Hache, 2017)

3.3.1.1 En Belgique

Pour l'horizon 2030, une vision commune du nom de FAST comme Fluidité, Accessibilité, Sécurité/Santé et Transfert modal a été décidée. À ce jour, nous pouvons trouver 10 projets pour un nouveau plan stratégique ITS qui ont été repris par la Région wallonne afin de mieux gérer le trafic en prenant en compte les véhicules connectés, le pesage dynamique des poids lourds, etc. À l'exception de certains changements de feux de signalisation par une technologie au LED, ces 10 projets, détaillés ci-après, devraient être mis en œuvre pour la fin 2019 en Région wallonne. (Cordier, 2018)

1. *Centre Perex 4.0* : il s'agit d'une modernisation du centre et d'une implantation d'un système informatique permettant de fournir une aide pour la gestion du trafic routier. Cela permettra aux gestionnaires d'avertir les usagers de l'état du réseau.
2. *Applications mobiles* : les applications remplaceront les bornes de secours et permettront de fournir des informations sur le trafic, par rapport à la position du conducteur.
3. *Feux tricolores* : des feux de signalisation dits « intelligents » permettront de dialoguer avec les véhicules connectés et seront pilotés via le centre Perex afin de fluidifier le trafic.
4. *Véhicules connectés* : une infrastructure sera disponible pour communiquer avec ces véhicules.
5. *Covoiturage* : deux projets porteront sur la mise à disposition de la bande d'arrêt d'urgence pour le covoiturage. Il y aura un tronçon entre Wavre et Bruxelles sur la E411 et un autre entre Arlon et Sterpenich.

6. *Pesage dynamique des poids lourds* : 6 stations devraient voir le jour. Leur création devrait permettre aux autorités compétentes de détecter les infractions et à ce que les procès soient directement envoyés aux responsables.
7. *Vidéos* : il s'agit de l'implantation de nouvelles caméras intelligentes capables de détecter, par exemple, les poids lourds et les plaques d'immatriculation des véhicules transportant des produits dangereux.
8. *Panneaux à messages variables* : il s'agit de la rénovation des panneaux déjà existants permettant de fournir des informations comme le nombre de places de parking disponibles, des messages de sécurité ou des interdictions de dépasser. Le but est d'améliorer le confort des usagers et de prévenir le réseau routier de la congestion.
9. *Comptage* : des rénovations des boucles de comptages pour les poids lourds seront effectuées. Elles permettront de fournir des informations sur les places de parking disponibles sur les aires.
10. *Météo* : de nouvelles stations de météo verront le jour. Elles seront capables de fournir les conditions météo ainsi que la thermographie. Cela permettra de prévoir les entretiens des routes et du salage des infrastructures en hiver.

3.3.1.2 *Avis des experts*

Selon les experts, nous pouvons imaginer des senseurs qui seraient capables de fournir l'information quant à la présence de cyclistes ou de piétons, sans toutefois fournir plus d'informations telles que l'identité qui elle, peut rester privée. Ou alors, simplement des senseurs dynamiques qui détecteraient les mouvements, comme dans le cas des infrastructures lumineuses. Ces derniers pourraient très bien être reliés et connectés aux véhicules intelligents, ce qui permettrait aux usagers de disposer d'une route illuminée tout en minimisant le gaspillage énergétique lié aux infrastructures lumineuses.

Tout dépend du niveau de regroupement des flux qui sont possibles. Par exemple, pour le moment, l'e-commerce prend de plus en plus d'ampleur et de plus en plus petites livraisons sont effectuées. C'est à la fois un avantage et un désavantage selon les experts. Cela a le potentiel de regrouper plus efficacement les flux, mais si l'on observe les pratiques actuelles, cela les augmente, tout comme le nombre de transports nécessaires. On est donc, en théorie, censé regrouper ces flux, mais on les augmente en pratique. Il y a donc un réel marché pour simplifier ces flux, afin de coordonner tous les transports.

Théoriquement, avec un système qui communique bien, la congestion va drastiquement diminuer, car nous pouvons obtenir l'optimum du système, si l'on force les choix routiers pour les véhicules ou modules. De plus, la distance de sécurité entre les véhicules peut être plus petite compte tenu des nouvelles technologies. On peut améliorer la gestion de l'infrastructure et améliorer l'efficacité globale du système. Cependant, cela représente également un risque, car on aura peut-être un transfert modal non voulu. Une grande question réside dans les actions qui seront menées dans les centres urbains. Est-ce que l'on doit laisser les véhicules autonomes rentrer dans le centre ou doit-on créer des zones piétonnes ? L'IoT représente vraiment la dimension des flux d'informations qui représente la clé pour le futur. Il est aussi intéressant d'observer la multiplication des objets communicants et de trouver une réponse à la question : « Comment faire pour récupérer et exploiter ces données ? »

Dans le domaine du transport routier, une préoccupation principale est liée à la problématique de la gestion de la congestion ainsi que du trafic routier en constante augmentation. Un des problèmes observés est que l'on a trop souvent envie de dire qu'il faudrait mettre moins de marchandise sur la route et plus sur les autres catégories de transport. Alors que l'enjeu n'est pas de savoir, si oui ou non on doit en enlever pour les changer de mode de transport, mais il faut prendre en compte chaque bien pour l'affecter au mode de transport qui lui sied au mieux.

Lorsque l'on observe les augmentations de volume à venir, comment va-t-on faire pour bien répartir cette augmentation aux bons modes de transport et pas seulement sur la route ? Nous pouvons aussi remarquer qu'à politique inchangée, la pression sur la demande de transport routier va augmenter de plusieurs dizaines de pourcents. Selon, M. Piette, là où l'IoT aura un rôle, ce sera dans l'interfaçage des modes de transport et dans la manière de pouvoir fluidifier la circulation de l'information entre ces modes. Nous pouvons également constater que certaines grandes entreprises de transport sont en train de diversifier leurs modes d'acheminement ainsi que leurs modes de transport par l'utilisation (pour des contraintes environnementales et aussi économiques), en harmonisant par rapport au transport routier. Elles avaient, par le passé, plutôt tendance à tout allouer à ce mode de transport.

Il faudra une communication entre l'infrastructure et les véhicules (V2V/V2I). Il se peut aussi que ce genre d'évolution se fasse par à-coups et pas toujours de manière coordonnée, car lorsque l'on touche à l'infrastructure, cela veut dire que l'on touche au domaine public et donc on parle d'investissement public dans lesquels les pouvoirs disent qu'ils n'ont pas d'argent. Ils vont donc se demander s'ils doivent investir et le cas échéant, pourquoi ? Est-il également possible de le

vendre d'un point de vue électoral ? Nous sommes dans un domaine où chaque décision politique peut avoir une incidence en matière électorale sans oublier qu'en Belgique, le système électoral est extrêmement compliqué.

3.4 Les Véhicules de demain

GSM Association annonce que l'impact des objets connectés pourrait atteindre la valeur de 4,5 trillions de dollars et que la voiture connectée sera la première application connectée au monde à l'horizon 2020 (Meredith-Hardy, 2012). De plus, il est prédit que les véhicules connectés produiront, à l'horizon 2020, environ 350 Mo de données par seconde. (Dorsey, 2013) Et tout cela, pour un total de 250 millions de véhicules qui seront connectés et liés avec des technologies de senseurs⁹. (Krisnan, Rajkumar, & UmaKirthika, 2017)

Selon Krisnan, Rajkumar, & UmaKirthika (2017), bien que l'IoT gagne du terrain dans le secteur automobile, les constructeurs n'ont pas encore débloqué le plein potentiel de la technologie et n'en auraient exploré qu'une partie superficielle. Toujours selon les mêmes auteurs, les véhicules disponibles de nos jours ne seraient qu'une combinaison de matériel et de logiciels haut de gamme. Afin de tirer parti des applications des logiciels, des systèmes de gestion de réseau et d'analyse, ces sociétés devront devenir des entreprises de technologie. Étant donné que les constructeurs sont dans un marché en constante expansion, ils devront se pencher sur les questions d'ordre technique, légal et d'ingénierie. Certaines normes devront être mises en place afin que les données puissent être partagées entre les différents systèmes et que les applications soient plus sécurisées et fiables.

La possession même des véhicules est remise en cause par certains auteurs tels que Hache (2017) qui nous explique que ce qui représentait la réussite économique depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, à savoir la possession d'un véhicule est remise en cause depuis que la notion d'usage est prise en considération par les conducteurs. L'évolution que la littérature renvoie constamment vers les véhicules autonomes peut trouver une version de transition ou intermédiaire avec véhicule connecté.

Certains auteurs, tels que Burns (2013) avance certaines pistes pour le futur du monde du transport routier tel que les véhicules connectés, coordonnés, partagés, sans conducteur,

⁹ Pour l'anecdote, cela représente environ 85 10⁶ Go par seconde.

électriques ou encore des véhicules sur-mesure.¹⁰Cependant, dans le cadre de ce mémoire, nous ne prendrons pas en compte cette dernière catégorie, car elle est réservée aux voitures.

3.4.1 Les véhicules connectés

En ce qui concerne les véhicules connectés, ils nous entourent de plus en plus depuis qu'un système de guidage GPS a été installé en 1995 dans un véhicule. (Le Parisien, 2016) Ils peuvent ainsi communiquer entre eux et avec l'infrastructure présente à travers le *cloud* via plusieurs applications qui ont été énumérées dans les chapitres précédents. Ces applications sont, par exemple, utilisées par FedEx et UPS pour améliorer les opérations de leurs flottes. (Burns L. D., 2013). Elles sont également appliquées chez Volvo qui va chercher à faire communiquer ses camions entre eux afin d'améliorer la sécurité sur la route en implantant une technologie V2V. Ils pourraient, par exemple, en cas de glissade d'un camion, fournir les informations de géolocalisation du danger pour prévenir les autres camions. (Daws, 2018) Une future plateforme de camions connectés pourra offrir différentes nouvelles valeurs ajoutées, telles qu'une optimisation de la flotte tout en offrant de nouvelles opportunités commerciales sous la forme de services de fret à la demande. Le camion pourra également, de façon automatique, détecter le niveau de fatigue du conducteur ou la fin du temps de son service et lui réserver une place de stationnement tout en dirigeant son camion vers la destination et en l'aidant à se garer. Le camion pourrait également se relier au camion le plus proche par *platooning*, ce qui permettrait de partager les économies de carburant en passant par des entreprises fournissant des solutions ERP qui amèneraient les entreprises de transport de collaborer à trouver un modèle qui profiterait à toutes deux. (Singh, 2016)

3.4.2 Les véhicules coordonnés

Les véhicules coordonnés, selon Burns (2013) « chorégraphient le mouvement des personnes et des biens, tout comme Internet gère le flux d'informations ». Comme le suggèrent Burns, Borroni-Bird, & Mitchell (2010), les données en temps réel permettent d'optimiser le flux généré par le trafic des véhicules tout en améliorant la gestion problématique du parking. Cependant, c'est le cas dans de nombreuses villes qui fournissent déjà ce service en informant des conditions de trafic aux utilisateurs des infrastructures (via certains panneaux sur les routes par exemple). (Burns L. D., 2013)

¹⁰ Dans le cadre de ce mémoire, nous ne prendrons pas cette dernière catégorie en compte

3.4.3 Les véhicules partagés

Les véhicules partagés¹¹ sont également un modèle intéressant sur lequel se pencher, car en moyenne, un véhicule reste garé durant les 90% de son temps. (Burns L. D., 2013)

Bien que certaines grandes entreprises aient déclaré être capables de démontrer que la technologie des véhicules sans conducteur soit valide avant 2020, beaucoup de travail doit encore être fourni afin de convaincre les consommateurs et les pouvoirs locaux. Malgré les avancées technologiques et la puissance croissante des microprocesseurs, les clients potentiels et les pouvoirs publics seraient toujours sceptiques quant à l'efficacité et à la sécurité de ces véhicules en toutes circonstances par rapport à un véhicule traditionnel. Ils pourraient permettre de libérer du temps aux utilisateurs tout en évitant les accidents. De plus, étant donné qu'ils auront besoin de moins de caractéristiques liées à la sécurité, ils seraient ainsi plus légers et plus petits que les véhicules actuels. (Burns L. D., 2013) Face aux exigences croissantes du milieu du transport telles que les exigences quant aux émissions, augmentation des volumes à transporter ou encore pression sur les coûts, les entreprises doivent s'adapter tout comme le métier de transporteur. Ce dernier pourrait voir son travail changer au cours des années à venir. Il pourrait même voir sa charge de travail revue à la baisse. (Cordier, 2018)

3.4.4 Les véhicules électriques

Les véhicules électriques font partie de notre actualité depuis déjà une quinzaine d'années. Ils avoisinent les 4% de part de marché sur le marché des nouvelles voitures vendues aux USA. (Burns L. D., 2013) Du côté des semi-remorques, Tesla a dévoilé en novembre 2017 son prototype appelé « Le Semi » qui ne rentrera pas en production avant 2019. Tout comme les voitures, ce semi devrait être équipé du même logiciel de pilote automatique qui permettrait au camion de freiner et de rester sur sa voie sans intervention du conducteur. Il serait capable, d'après le CEO de chez Tesla, d'accélérer de 0 à 96 km/h en 5 secondes et en 20 secondes avec 36 tonnes de chargement. (Matousek, 2018) L'arrivée de ces véhicules électriques, principalement équipés de batteries lithium-ion, pose un problème quant au recyclage : « Que faire lorsque ses batteries sont usées ». Il faut en effet compter jusqu'à une demi-tonne de batteries par voiture¹² et seulement 5% sont recyclées au sein de l'Union européenne. Il est également annoncé qu'il y aura environ 140 millions de véhicules électriques en 2030. De plus, les ressources principales de ces batteries, à savoir le lithium et le cobalt, sont des ressources

¹¹ Ce modèle sera décrit plus en profondeur dans la section des avis des experts.

¹² Notons à titre d'information qu'aucune information dans la littérature n'a été trouvée quant au poids de la batterie du semi proposé par Tesla

finies qui peuvent entraîner la pollution et l'appauvrissement des eaux. Les constructeurs sont cependant tenus de s'occuper de la collecte et du recyclage des batteries usagées. Une usine de recyclage pilote du cobalt et du nickel a d'ailleurs vu le jour à Anvers en accord avec Tesla et Toyota sans toutefois recycler directement le lithium. Afin de recycler ce dernier, cela demanderait, en effet, des coûts supplémentaires et aucune garantie n'a été fournie. (Gardiner, 2017)

3.4.5 Avis des experts

Le monde du transport routier, selon les différents experts questionnés, a toujours de beaux jours devant lui. Bien que certaines avancées futuristes telles que les drones arrivent sur les marchés, ils ne représentent pourtant pas une si grande menace. Aucun cadre réglementaire ne leur permet de survoler des villes et ils seraient plutôt vus par les experts comme des marchés de niche pour des livraisons d'urgence (médicales ou humanitaires par exemple). La demande de transport routier ne fait que croître et elle continuera son expansion dans les années à venir, de telle sorte que la demande aura tendance à être supérieure à l'offre. En effet, certaines sources évoquent plusieurs dizaines de pourcents de pression supplémentaire sur le transport routier.

Une des problématiques soulevées ici, fait référence à l'excédent de la demande par rapport à l'offre. Le problème qui se présente souvent selon les experts est cette volonté de toujours diminuer la part du transport routier en augmentant le nombre de marchandises acheminées par les voies navigables ou le rail. Or, il n'est pas de savoir s'il faut ou pas enlever des marchandises pour les changer de mode de transport, mais il faudrait prendre chacun d'entre eux pour ce qu'il sait faire le mieux, car chaque marchandise est adaptée à un type de transport. Dans le domaine du transport routier, une préoccupation principale est de faire en sorte de parvenir à gérer la congestion ainsi que le trafic routier en constante augmentation. Selon Bernard Piette, l'IoT aura un rôle dans l'interfaçage des modes de transport et dans la manière de pouvoir fluidifier la circulation d'informations entre ces derniers.

Il ne faut pas oublier que selon les experts, le monde du transport routier reste un domaine où les marges sont relativement faibles avec des moyennes avoisinant les 3-4%. Les entreprises n'investiront donc pas s'il n'y a pas de retour efficace sur les investissements. Les entreprises vont chercher à trouver un équilibre entre ce que l'innovation apporte comme possibilités d'optimisation et le calcul de gain économique que ces dernières vont réaliser.

Selon les experts interrogés, un des véritables freins à la transition vers l'Internet des Objets sera les syndicats. Ces derniers, selon les personnes interviewées, ont un gros travail à réaliser

sur l'acceptation du progrès technologique et plus particulièrement en Belgique et en France. Ils auraient la mauvaise habitude de faire l'amalgame entre nouveauté et menace et entre technologie et destruction d'emplois.

Selon certains experts, l'IoT peut intégrer tous les différents services de transport qui existent sur une seule plateforme. Le véritable MAAS, c'est de voir en temps réel où il y a congestion sur le réseau routier et de pouvoir s'adapter, changer de mode de transport et de pouvoir optimiser le trajet par rapport au temps passé dans ce dernier ainsi que d'un point de vue financier, mais nous n'y sommes pas du tout selon certains experts. La raison de cet échec réside dans le fait que nous utilisons nos véhicules principalement entre 8 et 18h et le reste du temps, ils ne sont pas utilisés. Il estime que l'on peut voir le futur du transport routier comme un ensemble de modules dans lesquels pendant la journée, il y a des modules pour les personnes (pendant les heures de pointe) et quand le véhicule n'est plus utilisé, ils peuvent servir au transport de marchandises. Cela pourrait changer le futur en réduisant la congestion sur les routes et l'impact écologique des véhicules.

Il y a des analyses qui sont menées et nous remarquons qu'il y a une très grande demande de chauffeurs poids lourds bien que la moyenne d'âge tourne autour de 45 ans, ce qui laisse présumer qu'il y a un grand problème de renouvellement de personnel de cabine (manque de vocation, métier difficile). Cependant, nous pouvons aussi remarquer qu'il existe une forte demande de chauffeurs belges pour faire du transport en Belgique. Il ne faut donc pas mélanger les débats en disant que les entreprises passent nécessairement par des sociétés de l'Europe de l'Est. En ce qui concerne le rôle du chauffeur, ce dernier aurait tendance à avoir un rôle différent. Il deviendrait à la fois un cariste, un représentant commercial de l'entreprise pour laquelle il roule ou encore un chargé d'affaires administratives si l'autonomie de son véhicule venait à croître. La clé du problème résidera dans la requalification des chauffeurs routiers ou, pour les écoles et autres organismes de formation, de pouvoir anticiper ces changements et de manière suffisamment flexible et agile.

4 Enquête auprès des professionnels

Après avoir analysé la partie littéraire quant au futur du monde du transport routier, nous allons dans le cadre de ce chapitre, développer une enquête qui a été menée en juin 2018 afin de déterminer l'avis des consommateurs et plus particulièrement, des consommateurs issus du milieu du transport routier.

4.1 But de l'enquête

Afin de mieux cerner le marché du transport routier, les avis des professionnels sur l'Internet des Objets, l'importance de cette technologie dans leur métier ou industrie et leur volonté à payer pour une telle technologie, nous avons mené une enquête en juin 2018 lors de l'exposition « *We Are Transport* » organisée par la FEBIAC et TLV à Brussels Expo. Le but de cette exposition était de mettre en avant le domaine du transport routier et toutes les innovations liées à cette branche tout en permettant aux exposants et aux visiteurs d'agrandir leur réseau professionnel. En effet, ce salon a comme ambition de devenir le plus grand évènement de réseautage de l'industrie du transport routier en Belgique pour les relations B2B (FEBIAC & TLV, 2018). Les données ont été collectées durant les 3 jours d'exposition, à savoir les 1, 2 et 3 juin 2018 à l'aide d'une enquête réalisée via l'outil *Qualtrics* et diffusée via code QR, tablette numérique ou smartphone auprès des participants de ce salon. Cette enquête a ensuite été analysée via Microsoft Excel, Qualtrics et SAS Enterprise Miner.

4.2 Méthodologie générale de l'enquête et de son analyse

4.2.1 Pourquoi une enquête durant l'évènement *We Are Transport* ?

L'enquête menée durant cet évènement à Brussels Expo durant les 1, 2 et 3 juin 2018 a été possible grâce au Professeur Limbourg (Hec-Liège) ainsi qu'aux contacts que celle-ci avait parmi les membres de la FEBIAC. L'Internet des Objets étant un point essentiel du futur du transport routier, il était important de saisir cette opportunité. En effet, de nombreux visiteurs concernés par le transport routier étaient attendus. Cet évènement constituait pour nous une réelle opportunité dans la réalisation de ce mémoire-recherche. C'est donc avec l'autorisation des membres de la FEBIAC que cette enquête a pu se dérouler pendant la totalité de ces 3 jours.

4.2.2 Conception du questionnaire

Cette enquête proposée en 3 langues (anglais, français, néerlandais) et disponible en annexe 11 était composée de deux parties distinctes. La première consistait à connaître le milieu socio-économique des entreprises des participants répondant à ce sondage via quelques questions d'ordre général telles que :

- Le secteur d'activité
- La position de la personne interrogée dans l'entreprise
- Le nombre d'employés présents dans l'entreprise
- Le pays d'établissement de l'entreprise
- Le chiffre d'affaires approximatif

Cette première partie comportait également toute une série de questions cherchant à déterminer :

- Les caractéristiques des envois (taille et volume)
- La manière dont les transports sont effectués (pour son propre compte ou via un tiers)
- Le type et le nombre de véhicules que l'entreprise possède
- La moyenne de la portée des envois intérieurs en Belgique dans le cas d'une entreprise belge
- La moyenne de la portée des envois internationaux

Cette première partie s'achève sur une question visant à déterminer si le répondant avait déjà entendu le terme « Internet of Things (IoT) / Internet des Objets (IdO) » ainsi que par une brève définition de son concept par le répondant afin d'en évaluer sa connaissance préalable.

La seconde partie, quant à elle, commence par une brève définition de l'Internet des Objets avant de poser des questions relatives à ses principaux points d'attention essentiels que sont :

- La compréhension du sujet après que la définition de *l'International Telecommunication Union* fut donnée.
- La compréhension des impacts sur l'industrie du répondant provoqué par cette technologie.
- L'opinion générale sur l'Internet des Objets.
- La compréhension des opportunités que cette technologie peut apporter en termes de sources de revenus ou d'économies de coûts dans les prochaines années.

- L'utilisation technologique actuelle de l'entreprise et ses buts principaux (contrôle, optimisation, monitoring, autonomie (complète et partielle)).
- L'utilisation technologique dans les 5 ans (même structure que la question précédente).
- La détermination des freins principaux quant à cette transition vers l'IoT.
- L'intérêt principal des innovations technologiques au sein de leur entreprise.
- L'importance de l'avantage que certains capteurs ou senseurs peuvent apporter pour les camions, les transporteurs ainsi que pour les gestionnaires.
- La volonté à payer en Euro et le pourcentage supplémentaire par rapport au prix du camion que les sondés seraient prêts à payer pour un ensemble d'options préalablement proposé.

4.2.3 Récolte et analyse des données

À la fin de l'enquête, les résultats ont été recueillis via l'outil Qualtrics afin d'y être tout d'abord préparés, triés et organisés afin d'être traités avec Microsoft Excel. Les 4 enquêtes non terminées sur les 208 ont simplement été supprimées de l'analyse pour ne pas la fausser. Les données ont ensuite été visualisées grâce à divers outils (Qualtrics, SAS Entreprise Miner ou encore Microsoft Excel) afin de mieux les appréhender ainsi que les tendances générales de l'enquête. Finalement, avant d'analyser les résultats, plusieurs méthodes de datamining ont été effectuées pour les questions de recherche. Cependant, ces différentes méthodes (arbres de décision, régression ou réseau artificiel neuronal) n'ont pas toujours été pertinentes pour des raisons qui seront développées ci-après.

Les résultats ont également été extraits de Qualtrics pour y être analysés via des tableaux croisés dynamiques sur Microsoft Excel ainsi que sur Sas Entreprise Miner pour y effectuer des arbres de décision. Nous allons maintenant détailler les procédés généraux utilisés dans ces différents logiciels.

4.2.3.1 *Les analyses de rapports Qualtrics*

Cet outil permet, via son onglet « rapports », de fournir plusieurs résultats graphiques qui ont été utilisés pour les différents points d'analyse suivants :

1. La représentation de l'échantillon
2. L'opinion générale
3. Les freins de la transition vers l'Internet des Objets
4. L'intérêt principal des innovations technologiques
5. L'importance des infrastructures et des capteurs

Étant donné que certaines questions autorisaient plusieurs réponses, l'outil Qualtrics a également été utilisé pour fournir le pourcentage de réponses positives à une proposition. En d'autres termes, cela permettait d'obtenir la proportion pour laquelle une proposition a été sélectionnée. Cette méthode a été utilisée pour l'analyse des points concernant :

6. L'utilisation des outils technologiques
7. L'organisation des transports
8. Les types de véhicules utilisés

Les données brutes ont également été exportées au format CSV afin d'être lues et analysées sur le logiciel Microsoft Excel via des tableaux croisés dynamiques et des graphiques en résultant. De plus, cet export de données sera importé sur SAS Entreprise Miner pour des analyses futures.

4.2.3.2 *Microsoft Excel*

Pour simplifier l'analyse via l'outil SAS Entreprise Miner, certaines variables ont été ajoutées au fichier CSV cité précédemment. Ces dernières avaient pour but de regrouper et de cibler les avis positifs et négatifs des sondés ayant répondu à des questions graduées via une échelle de Likert afin de mener des analyses plus aisées. Pour ce faire, la valeur « Positif » a été attribuée aux avis « d'accord » et « tout à fait d'accord » et la valeur « Négatif » aux avis « pas d'accord » et « pas du tout d'accord ».

Une méthode analogue a été effectuée pour les avis « (très) important » et « pas (du tout) important » fournis par les répondants lors de l'enquête.

Microsoft Excel a également été utile dans la réalisation de certaines analyses via des tableaux croisés dynamiques. Cet outil a été utilisé pour combiner l'analyse de plusieurs variables en un seul graphique comme nous pourrions le constater, par exemple, lors de l'analyse de la relation

entre le chiffre d'affaires des entreprises sondées et de leur nombre de travailleurs ou encore de l'analyse de la flotte actuelle par rapport aux intentions d'achat de nouveaux véhicules que nous verrons plus tard.

4.2.3.3 SAS entreprise Miner

Les données brutes ayant été exportées de Qualtrics triées et arrangées sur Microsoft Excel, l'import de ces dernières a pu être réalisé sur SAS Entreprise Miner pour analyses. Suite à cet import, les différentes variables contenant les valeurs de l'échelle de Likert ont été remplacées par celles mentionnées au point précédent, c'est-à-dire les valeurs « Positif » et « Négatif ».

Après cette importation des données, comme le précise le SAS Institute Inc., étant donné que le partitionnement des données est la stratégie « standard » utilisée dans la modélisation prédictive afin d'obtenir une évaluation objective, on y a donc recours (2011). Communément, les données sont divisées en 3 ensembles de données :

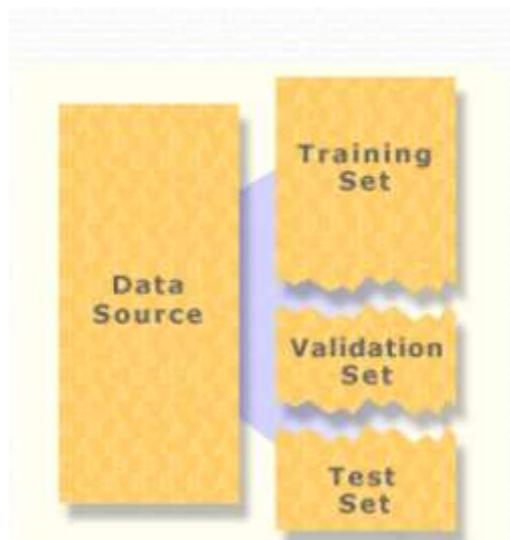


Figure 5 Data source splitting

1. Training dataset : c'est l'ensemble de données d'entraînement qui permet d'ajuster le modèle
2. Validation dataset : c'est l'ensemble de données de validation qui est utilisé pour ajuster, surveiller le modèle lors de l'estimation ou encore pour l'évaluation du modèle
3. Test dataset : c'est l'ensemble de données de test qui observe si ce qui a été appris via les étapes de *training* et de *validation* est applicable pour de nouvelles données, ce qui permet d'évaluer la qualité de la prédiction pour un ensemble de données futures. Son but est

d'obtenir des estimations non biaisées sur la performance du modèle (SAS Institute Inc, 2011)

Étant donné que nous disposions de peu de données pour effectuer du machine learning, il a été décidé, de ne pas effectuer de partitionnement des données. En effet, comme le suggère SAS Institute Inc (2017), avec des ensembles de données de taille réduite ou modérée, « le partitionnement des données peut être inefficace et cette taille réduite peut gravement dégrader l'ajustement du modèle. C'est pour cela que certaines méthodes, dont la validation croisée, ont été créées. Cette dernière permet que toutes les données puissent être utilisées à la fois pour l'ajustement et pour une évaluation plus honnête. » (2017, page 131) En effet, après plusieurs tentatives, le taux de classification erronée était, dans la plupart des cas, trop élevé pour les différents modèles de prédictions (arbres de décision, régressions linéaires et réseau neuronal)¹³ lorsque qu'un partitionnement des données était effectué, et donc, ne pouvaient pas fournir de modèle adaptatif pour d'autres échantillons aléatoires.

C'est pour cela qu'une alternative ayant pour but d'estimer ce taux d'erreur a été envisagée : la validation croisée¹⁴. Cette méthode, proposée par Friedman, Hastie, & Tibshirani, permet « d'estimer directement l'erreur d'échantillonnage supplémentaire qui est attendue, la moyenne de l'erreur de généralisation lorsque la méthode $\hat{f}(X)$ est appliquée à un échantillon d'essai indépendant de la distribution conjointe de X et Y. » (2008, p. 241)

$$Err = E \left[L \left(Y, \hat{f}(X) \right) \right]$$

Étant donné que la quantité d'observations disponibles est assez faible, nous avons décidé d'effectuer un *k-fold cross-validation* qui, toujours selon Friedman, Hastie, & Tibshirani (2008), nous permet d'estimer une erreur de prédiction de façon fiable.

Le modèle fonctionne comme suit :

1. On divise notre échantillon de base en k sous-échantillons
2. Un de ces sous-échantillons k est sélectionné dans le but de valider les $k-1$ autres sous-échantillons qui représenteront les données d'entraînement
3. Calculer le taux d'erreur
4. Répéter ce modèle k fois.

¹³ Communément appelé *misclassification rate*

¹⁴ Également connue sous le nom de *cross-validation*

5. Évaluer la moyenne globale du taux d'erreur
6. (Etape subsidiaire) : répéter l'ensemble du modèle n fois pour un résultat plus fiable

Par exemple, comme décrit sur la figure ci-après, si nous décidons de prendre $k=5$, on divisera notre échantillon en 5 sous-échantillons distincts de taille égale, où un parmi eux servira d'échantillon pour la validation et les 4 autres serviront à constituer l'ensemble d'entraînement. Nous pouvons ainsi disposer d'un taux d'erreur. Il suffit de répéter cette opération k fois (5 dans cet exemple) pour en déduire la moyenne globale (de ces taux d'erreur).

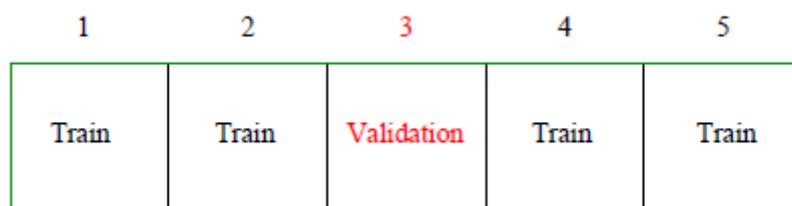


Figure 6 Exemple de validation croisée

Dans le cadre de notre travail, nous avons pris un $k = 10$ et demandé à SAS Enterprise Miner de répéter cette démarche 10 fois¹⁵. Cela a comme effet d'augmenter le temps de calcul, mais cela permet également d'améliorer la fidélité des résultats.

Cette méthode pour la détermination d'un modèle pour l'opinion générale des répondants quant à l'Internet des Objets.

Dans les autres cas, nous avons utilisé SAS Enterprise Miner d'une manière plus descriptive. En effet, le logiciel a été employé pour la création d'arbres de décisions, afin de mieux décrire les résultats par rapport aux diverses questions de recherche.

4.3 Représentation de l'échantillon sondé

L'enquête a été menée auprès de 208 personnes participant à l'évènement « *We Are Transport* » à Brussels Expo et 203 personnes ont entièrement complété le questionnaire, soit un taux de participation de 98%. Ce sondage a été réalisé auprès de professionnels du domaine privé intéressé de près ou de loin par le transport routier qui était représenté par plus de la moitié d'entreprise de logistique. En effet, 55% des entreprises sondées travaillent dans le secteur du transport et de la logistique, suivi par 17% d'entreprises présentes dans le secteur technique et industrie, 6% d'entre elles dans le bâtiment et la construction et cette même proportion dans

¹⁵ Cf. Etape 6

l'hôtellerie et l'alimentation. Les autres catégories présentes lors de cet évènement sont représentées de façon minoritaire, en deçà des 5%.

En ce qui concerne la représentation des positions des sondés au sein de leur entreprise, ces derniers sont principalement constitués de membres travaillant dans le département logistique à hauteur de 38%, de 22% de personnes appartenant à la direction et à l'administration générale, de respectivement 15% et 14% pour la section achats et celle du marketing & ventes. Les autres départements sont quant à eux moins bien représentés à concurrence de 5% ou moins.

Il est également intéressant de confronter la taille des entreprises présentes lors de cette exposition, leur provenance ainsi que leur chiffre d'affaires afin d'en apprendre plus sur la répartition de l'échantillon analysé.

La répartition géographique est majoritairement représentée par la Belgique (71%). Ce qui n'est guère étonnant étant donné que l'exposition *We Are Transport* se déroulait dans la capitale du pays : Bruxelles. Cependant, il est intéressant de noter que la région d'établissement des entreprises belges ayant répondu au questionnaire est relativement équilibrée. En effet, 27%, 36% et 37% des entreprises belges présentes lors de l'évènement, sont respectivement établies en Région de Bruxelles-Capitale, Région wallonne et Région flamande. Les autres pays représentés lors de cette enquête sont principalement nos pays voisins tels que les Pays-Bas, le Luxembourg, l'Allemagne à hauteur de 7% chacun ou encore la France avec 5% des répondants.

Le nombre de travailleurs au sein des entreprises sondées est réparti comme suit :

- Moins de 4% d'entre elles sont composées d'indépendant
 - 12.50% ont un chiffre d'affaires inférieur à 25.000€
 - 87.5% ont un chiffre d'affaires compris entre 25.000€ et 200.000€
- 15 % comptent entre 2 et 9 travailleurs
 - 32.26% ont un chiffre d'affaires compris entre 25.000 et 200.000€
 - 54.84% ont un chiffre d'affaires compris entre 200.000€ et 1.000.000€
 - 12.90% ont un chiffre d'affaires compris entre 1 et 5 millions d'euros
- 44% comptent entre 10 et 49 travailleurs
 - 12.36% ont un chiffre d'affaires compris entre 25.000 et 200.000€
 - 25.84% ont un chiffre d'affaires compris entre 200.000€ et 1.000.000€
 - 52.81% ont un chiffre d'affaires compris entre 1 et 5 millions d'euros

- 8.99% ont un chiffre d'affaires supérieur à 5 millions
- 20% comptent entre 50 et 249 travailleurs
 - 10% ont un chiffre d'affaires compris entre 200.000€ et 1.000.000€
 - 25% ont un chiffre d'affaires compris entre 1 et 5 millions d'euros
 - 65% ont un chiffre d'affaires supérieur à 5 millions
- 18% d'entre elles comportent plus de 250 travailleurs
 - 5.71% ont un chiffre d'affaires compris entre 1 et 5 millions
 - 94.29% de ces entreprises ont un chiffre d'affaires supérieur à 5 millions

Une visualisation graphique est également disponible sur la figure ci-après.

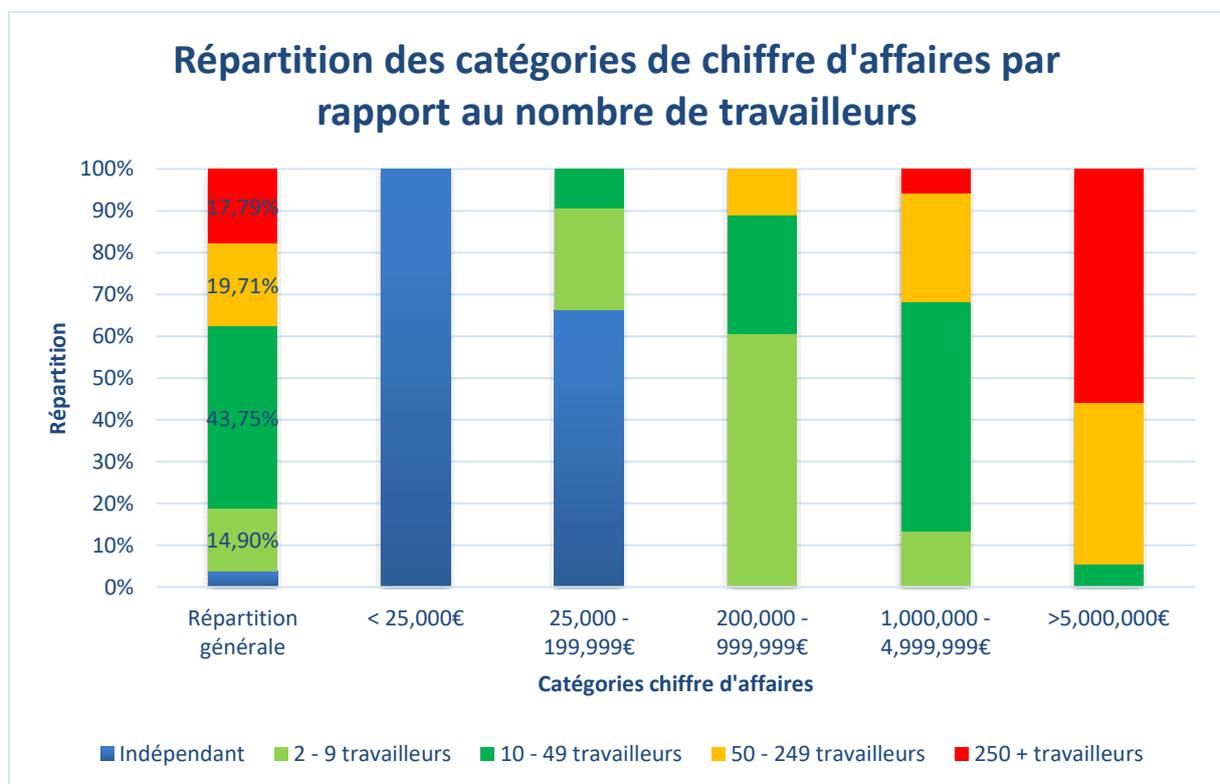


Figure 7 Répartition du nombre de travailleurs par rapport au chiffre d'affaires

4.4 Questions de recherche

Cette enquête axée sur le marché du transport routier et de son avis sur l'Internet des Objets a pour but de déterminer le niveau de connaissance du concept, l'opinion générale des sondés après leur avoir donné une définition au préalable de l'IoT. Elle cherche également à déterminer comment les entreprises utilisent leurs outils technologiques connectés ainsi que les données recueillies. Tout cela, sans toutefois, oublier les freins éventuels à cette transition et de l'intérêt principal des innovations technologiques au sein de ces entreprises interrogées. Cette enquête

essaie aussi de découvrir l'importance des avantages que les capteurs et autres infrastructures liées à l'IoT peuvent apporter à l'entreprise ainsi qu'aux gestionnaires. Finalement, elle cherche à déterminer la volonté à payer des consommateurs pour rendre leur transport plus connecté grâce à l'Internet of Things.

5 Analyse des résultats

5.1 Le niveau de connaissance du concept

Tout d'abord, lors de la question : « *Avez-vous déjà entendu parler de l'Internet of Things ? (Internet des Objets ou IdO) avant de répondre à ce questionnaire ?* », 59% des personnes interrogées avaient déjà entendu parler du concept contre 41% qui n'en avaient jamais entendu parler. Cependant, afin de s'assurer que les personnes ayant répondu « oui » à cette question comprenaient bien le sujet, une définition personnelle du concept a été demandée dans le but d'évaluer leur niveau de connaissance perçu et effectif sur l'IoT.

Pour ce faire, les 3 niveaux de connaissance suivants ont été établis afin d'en vérifier le degré par rapport à notre sujet étudié.

- Niveau 1 pas de connaissance : Dans cette rubrique, nous pouvons retrouver les 41% des répondants ayant répondu « non » à la question précédente ainsi que ceux qui, ont répondu « oui » et donné une réponse qui était fausse. Les réponses vides, totalement inexacts et d'un seul mot ont été considérées comme fausses.
- Niveau 2 connaissance partielle : Pour qu'une réponse soit dans cette catégorie, il faut que la définition ne soit pas complète, qu'elle reprenne une définition qui soit partiellement vraie, mais qu'il existe une erreur ou un oubli dans la définition. Par exemple, lorsque l'on mentionne des moyens de télécommunication sans objet y étant relié et inversement, lorsqu'un objet est mentionné sans moyen de télécommunication.
- Niveau 3 connaissance générale : Les définitions reprises dans cette section sont celles qui sont correctes. C'est-à-dire celles qui mettent en lien un objet (physique ou virtuel) avec des moyens de télécommunications.

Parmi tous les participants de cette enquête, les résultats de ce test de connaissances indiquent que 25.12% des sondés appartiennent au 3^e niveau et ont donc été capable de faire le lien entre les objets et les moyens de télécommunication dans leur définition. 28.08% ont été capable de fournir une réponse partielle, tandis que 46.80% des répondants n'ont pas du tout de connaissance quant au concept.

En ce qui concerne ceux qui ont répondu « oui » lors de cette question, 42.50% des répondants ont une connaissance générale du sujet tandis que 47.50% ont une connaissance plus partielle du concept et 10% ne sont pas arrivés à formuler une définition valide du sujet comme on peut le voir sur la figure ci-après.

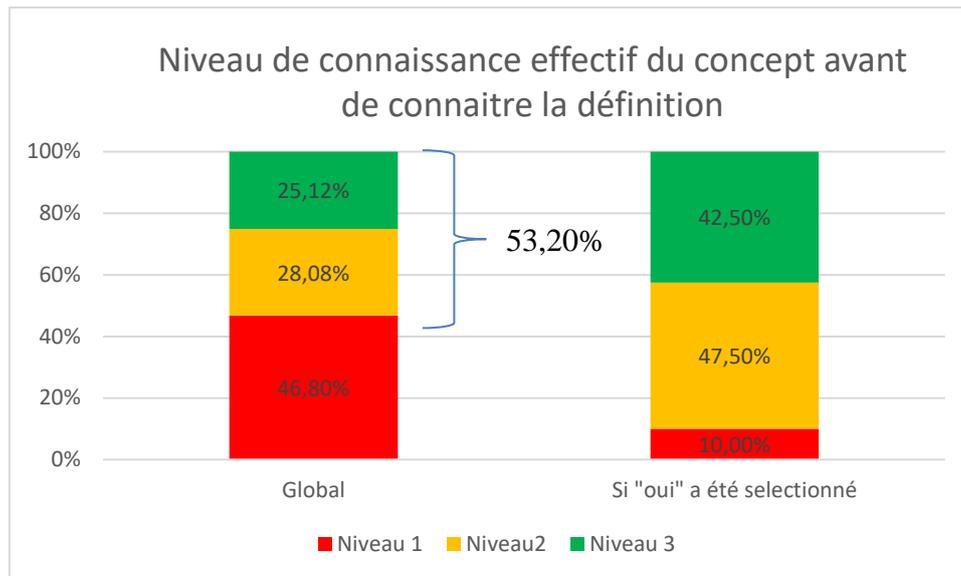


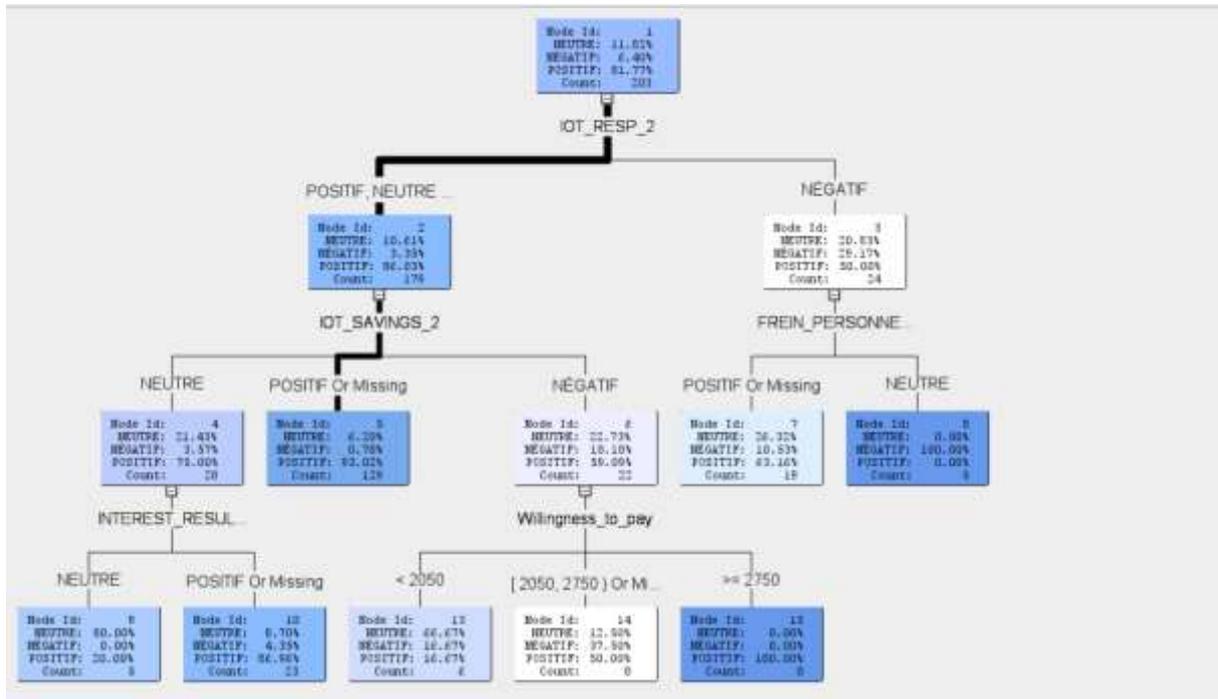
Figure 8 Représentation du niveau de connaissance effectif du concept

La représentation des niveaux 2 et 3 du niveau de connaissance effectif global du concept (avant de connaître la définition) représenté sur la figure précédente, soit 53.20% des représentants de cette échelle de connaissance, peut être mise en lien avec la compréhension générale du concept selon les répondants après avoir reçu la définition. En effet, comme nous pouvons le voir en annexe 5 74.02% des répondants affirment être soit *d'accord* ou *tout à fait d'accord* sur le fait d'avoir une compréhension claire du sujet. Nous pouvons ainsi en déduire qu'après avoir pris connaissance de la définition, le niveau de compréhension globale du concept augmente de 20.82 points.

5.2 L'opinion générale

Après avoir analysé le niveau de connaissance par rapport au concept de l'Internet des Objets, il était intéressant de connaître l'opinion des répondants et cela après leur avoir donné la définition. Après analyse des résultats, lors de la question relative à l'opinion générale quant au sujet étudié, la majorité des répondants (81%) avait une opinion au moins *favorable*. En effet, 26% des répondants ont admis être *tout à fait favorable* au concept, 55%, quant à eux étaient *favorable* tandis qu'une minorité de respectivement 6% et 0.49% sont *défavorables* ou *tout à fait défavorables*. Cette majorité a même tendance à augmenter jusque 94.55% lorsque les personnes questionnées affirment avoir une volonté de payer pour l'ensemble des technologies associées à l'IoT pour leur flotte de camions comprise entre 6.500€ et 25.000€. Ce qui représente une augmentation d'environ 14.55 points.

Lors de l'analyse avec SAS Enterprise Miner, une validation croisée a été effectuée et plus particulièrement, un *k-fold cross validation* comme décrit au point 4.2.3.3. À l'issue de ce modèle, le meilleur que nous ayons trouvé était le suivant :



Nous pouvons constater que les répondants ayant une tendance à considérer que l'Internet des objets « transformera leur entreprise ou offrira de nouvelles opportunités significatives de revenus ou d'économies¹⁶ » et qui sont *neutres* ou au moins *d'accord* que l'IoT fait partie de leurs responsabilités ont une opinion positive par rapport à cette technologie à hauteur de 93.02%. Ce modèle a été celui ayant fourni le taux d'erreur le plus bas avec un taux de 12.8079% pour les données d'entraînement et de 13.65% pour la validation issue de la vérification croisée où ce taux minimum a été atteint à la 8^{ème} feuille de notre arbre de décision comme nous pouvons le constater en annexe 8

5.3 Utilisation des outils technologiques

Les questions 32 et 33 du questionnaire (disponible en annexe 11) cherchent à déterminer comment les entreprises utilisent et utiliseront dans un horizon de 5 ans la combinaison de leurs technologies disponibles. Ces technologies sont par exemple : internet, les différents

¹⁶ *IOT_SAVINGS_2* représente la question : « Etes-vous d'accord ou pas avec les propositions ci-dessous ? - Je m'attends à ce que l'Internet des objets" transforme notre entreprise ou offre de nouvelles opportunités significatives de revenus ou d'économies »

programmes informatiques ou les produits électroniques tels que les senseurs. Ces deux questions ont pour objectif d'évaluer l'utilité finale des entreprises quant à leur achat en biens technologiques ainsi que leur évolution dans un futur proche. Il était possible pour les répondants de cocher plusieurs réponses possibles parmi les 5 propositions suivantes :

- Le monitoring
- Le contrôle
- L'optimisation
- Le fonctionnement autonome
- Autonomie de système (fonctionne de manière autonome, mais également coordination entre différents produits)

C'est pour cela que les chiffres présentés seront indiqués en pourcentage de réponse. C'est-à-dire que chaque catégorie représente la proportion de répondants ayant validé cette réponse.

5.3.1 Le monitoring

Comme nous pouvons le remarquer sur la figure ci-après, la très grande majorité des répondants (81.37%) ont affirmé utiliser leurs outils technologiques dans le but de monitorer contre 84.80% dans 5 ans.

5.3.2 Le contrôle

46.08% des répondants ont affirmé utiliser leurs différents instruments dans le but contrôler leur business contre respectivement 72.06% dans les années à venir. Cela représente une évolution de 25.98 points, soit plus de 7 entreprises sur 10 contre près de 5 actuellement.

5.3.3 L'optimisation

La vision du contrôle n'est pas la seule caractéristique pour laquelle l'évolution est significative. L'utilisation des outils est actuellement, selon 31.37% des répondants, employée pour optimiser leur business et représente une évolution jusque 68.63% selon leurs prévisions pour le futur (soit 37.26 points).

5.3.4 Le fonctionnement autonome

Cependant, la plus grande évolution en pourcentage est pour le fonctionnement autonome. En effet, les personnes sondées ont affirmé que la technologie présente dans leur entreprise était utilisée à hauteur de seulement 5.39% pour l'autonomisation contre 20.59% dans 5 ans ce qui représente une évolution certes plus faible en termes de points (15.20 points), mais qui va quasi du simple au quadruple en termes d'évolution en pourcentage. (+382%).

5.3.5 L'autonomie du système

Finalement, ce qui concerne l'autonomie du système, 4,41% soit la minorité des répondants ont affirmé disposer d'une autonomie de système, même si ces chiffres évoluent quasi du simple au double à savoir jusqu'à 8,33% (soit 3,92 points).

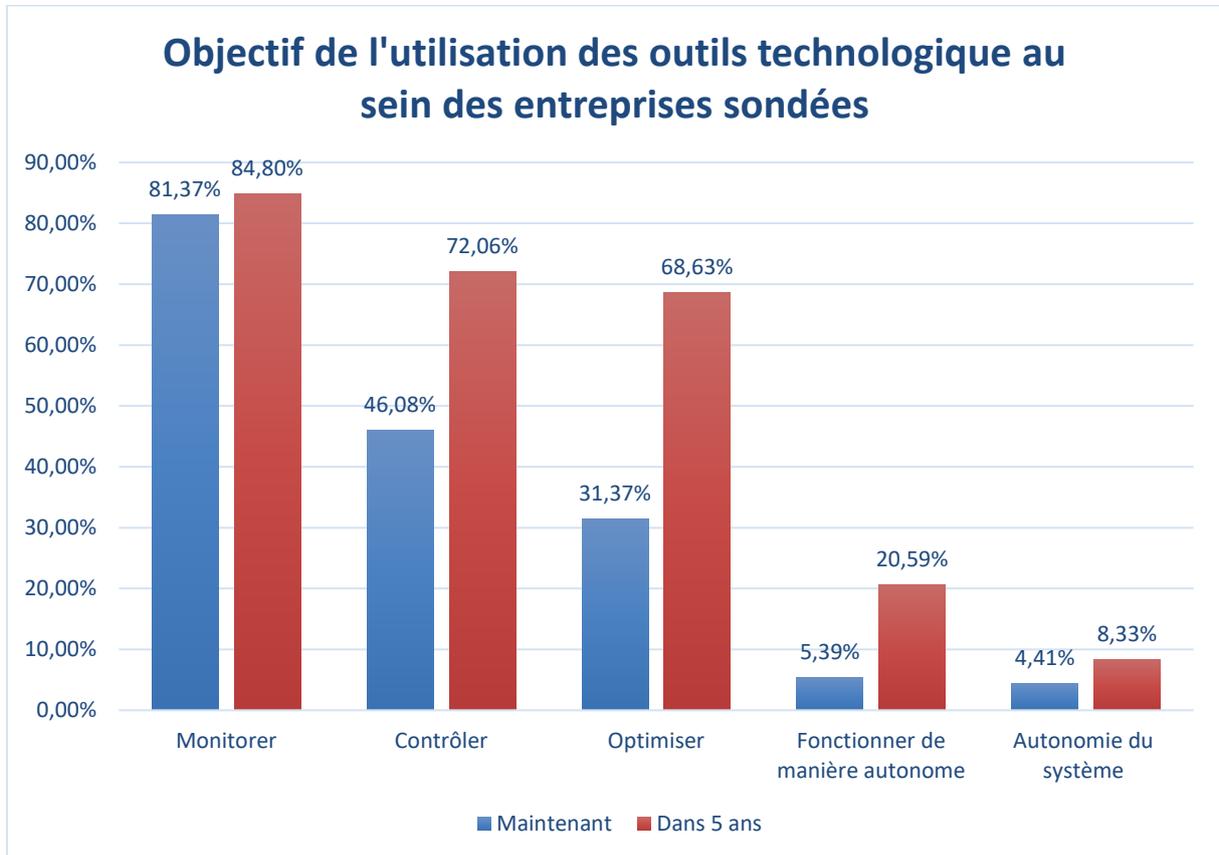


Figure 9 Objectif de l'utilisation des outils technologique au sein des entreprises sondées

5.4 Les freins de la transition vers l'Internet des Objets

Afin de mieux cerner les appréhensions des consommateurs par rapport à la transition vers l'IoT, le degré d'inquiétude des consommateurs a été analysé. Nous pouvons constater que d'un point de vue général, les répondants à l'enquête ont montré un niveau d'inquiétude assez moyen. En effet, en moyenne, 46.98% des sondés sont soit *d'accord*, soit *tout à fait d'accord* que les propositions représentent un frein contre 33.02% en moyenne qui, quant à eux sont soit *pas du tout d'accord* soit *pas d'accord* avec une moyenne de 20% des sondés qui ont tendance à donner une réponse neutre sur l'ensemble des propositions.

Cependant, il est aussi intéressant de regarder ces chiffres plus en détail et nous pouvons en effet constater que certains freins ont tendance à se démarquer des autres. Par exemple, l'accès au personnel qualifié qui pour 6 personnes sur 10 représente un frein vers cette transition technologique. Nous pouvons analyser, en regroupant les personnes qui sont *d'accord* et *tout à fait d'accord*, leur niveau d'inquiétude par ordre décroissant¹⁷ :

- L'accès au personnel qualifié : 60.78%
- La résistance des travailleurs par rapport aux nouvelles technologies : 54.91%
- Le coût de transition de cette technologie : 52.94%
- Le risque quant à la sécurité (hackers, bug informatique) : 41.17%
- Les risques liés à la vie privée : 40.68%
- Le risque associé au changement : 31.37%

5.5 L'intérêt principal des innovations technologiques

Après l'analyse des inquiétudes quant à la transition, il était également important d'analyser l'intérêt que cela peut évoquer auprès des répondants de cette enquête. Il est en effet intéressant de voir ce qui pousse les entreprises sondées à l'innovation technologique, mais également ce qui, au contraire, ne les motive pas.

Nous pouvons tout de suite constater que les intérêts principaux des répondants pour les innovations technologiques sont en moyenne plus élevés que les freins. Si nous regroupons toujours les répondants en vert sur la figure ci-après (ceux qui sont *d'accord* et *tout à fait d'accord*), nous constatons que 68.20%, en moyenne, de ces derniers sont au moins d'accord

¹⁷ Résultats graphiques disponibles en annexe 7

avec les propositions (contre 46.98% pour les freins, soit une différence de 21.22 points). Cette tendance positive varie entre minimum 42.64% et 92.64 maximum, soit 50 points de différence.

A contrario, en moyenne seulement 11.76% ont tendance à être au moins *pas d'accord* et varient entre minimum 0.98% et 30.89% maximum entre les différentes propositions.

Il est tout aussi important de noter qu'en moyenne, 1 personne sur 5 est neutre par rapport aux propositions et cette neutralité varie en fonction de l'énoncé. Elle peut passer de 6.37% pour l'amélioration des résultats jusqu'à 35.29% pour le besoin d'innovation¹⁸.

Si nous reprenons la même structure que le point précédent sur les freins et si nous trions par ordre décroissant les niveaux d'intérêt pour les sujets qui motivent les entreprises à innover, nous pouvons constater que la proportion des répondants étant au moins d'accord avec les intérêts suivants sont de :

- 92.64% pour améliorer le service.
- 88.72% pour de meilleurs résultats
- 79.91% pour avoir un meilleur contrôle de leur entreprise et de tout ce qui gravite autour
- 74.02% pour améliorer la sécurité
- 60.29% affirment que le besoin d'automatisation les motive
- 56.37% pour attirer et retenir les chauffeurs
- 50.98% affirment que c'est un besoin d'innovation qui les motive
- 42.64% pour l'environnement¹⁹.

5.6 L'importance des infrastructures et des capteurs

Les capteurs et les autres infrastructures sur les véhicules peuvent apporter certains avantages. Parmi ces derniers (disponibles sur la figure ci-après), les répondants ont indiqué l'importance de chaque avantage que les divers capteurs et autres installations pouvaient apporter.

Pour cette analyse, les résultats ont été regroupés en 3 catégories afin de simplifier au mieux l'interprétation des résultats.

¹⁸ Cf annexe 7

¹⁹ 30.89% des répondants, soit quasi 3 fois plus que la moyenne (11.76%) par rapport aux autres propositions, affirment être au moins en désaccord (au moins *pas d'accord*) sur le fait que l'environnement motive l'innovation au sein de leur entreprise, ce qui représente la plus faible motivation chez les répondants.

1. Les répondants qui considéraient les propositions comme au moins important (*important et très important*)
2. Ceux qui étaient neutres
3. Les répondants qui considéraient les propositions comme *pas important* ou *pas important du tout*

Après analyse des résultats, il en ressort, qu'en moyenne, 76.79% des participants estiment que les avantages cités sont au moins *importants* et que seulement 5.80%, en moyenne, considère qu'ils ne sont *pas importants* ou *pas importants du tout*. Nous avons donc une tendance positive pour les avantages que les senseurs et autres infrastructures peuvent apporter. Il est également intéressant de noter que 17.40%, en moyenne, sont d'avis neutre par rapport aux divers avantages que les capteurs et autres pourraient apporter à leur flotte et à leur entreprise. Certains avantages se démarquent des autres. Reprenons les 5 plus importants²⁰ pour les répondants. Les chiffres présentés reprendront la proportion de sondés qui estiment que l'avantage proposé est au moins important pour eux.

- *Prévenir les problèmes imminents* est au moins important pour 92.12% des répondants, soit plus de 9 personnes sur 10. 52.22% des répondants estiment même que cet avantage est très important pour eux.
- *Une meilleure prévention des accidents* grâce aux divers outils et senseurs tels que les cross line détection, driver sleep alert system, assistance de freinage, ESP²¹ et autres accessoires du genre sont important pour les consommateurs. 86.70% estiment qu'ils sont au moins importants.
- *Une plus grande visibilité des coûts* (carburants, maintenance, etc.) représente 85.71% des sondés
- *Réduire le temps d'immobilisation* est estimé comme au moins important pour 83.75% des répondants
- *Une meilleure visibilité des indicateurs techniques du camion* (vitesse, niveau huile, pression pneus, température de la remorque, humidité) est un avantage estimé comme au moins important pour 83.75% des répondants

²⁰ Le détail est disponible en annexe 6

²¹ Electronic Stability Control

5.7 La volonté à payer des entreprises

Un des buts de cette enquête était de mesurer la volonté à payer des entreprises pour cette technologie. Dans cette optique, certaines questions de la première partie du questionnaire étaient basées sur la collecte des données sur la flotte des entreprises sondées. Le but était de savoir si les entreprises effectuent elles-mêmes leurs transports et si elles effectuent ces derniers avec leurs propres véhicules ou pas (leasing ou non). Dans la seconde partie du questionnaire, la question de l'intention d'achat a été introduite. Le but était de récolter plus d'informations sur la volonté des répondants à payer en Euro ainsi qu'en pourcentage par rapport au prix du camion qu'ils trouveraient acceptable de payer en plus pour l'accès aux avantages des capteurs et infrastructures.

5.8 L'organisation des transports

Tout d'abord, dans la question relative à la manière dont les répondants effectuent leur transport, plusieurs réponses étaient possibles, et cela, de manière non exclusive :

- « Oui, nous effectuons nos transports » a été le choix le plus populaire lors de l'enquête avec 70.87%, des entreprises sondées, qui affirment effectuer leurs transports au moins en partie.
- « Un freight forwarder ou un opérateur logistique s'en charge » a été le second choix le plus populaire avec un peu plus d'une personne sur deux (53.88%) qui avance passer par un *third party logistic* pour, au moins, une partie de leur transport
- « Non, le client s'en charge » est le dernier choix des répondants. En effet, moins de 1 personne sur 10 (9.22%) a affirmé que le client se charge, au moins en partie, de son transport.

Par la suite, les répondants qui s'occupent au moins en partie de leur transport ont été regroupés dans une catégorie et la suite des questions relatives à la flotte leur sera dédiée. Cette catégorie de répondant représente donc les 70.87% des répondants²² ayant répondu : « Oui, nous effectuons nos transports ».

²² Représente 145 répondants

5.8.1 Propriété des véhicules utilisés

Dans l'échantillon des sondés restants, à savoir les 70.87%, il a été demandé aux répondants de fournir des informations quant à la propriété de leur flotte. Sur les 145 personnes questionnées :

- 61.38% ont affirmé posséder leurs propres véhicules
- 2.07% ont, quant à eux, déclaré avoir un contrat de leasing avec une société extérieure.
- 33.79% ont, pour leur part, admis avoir une partie en leasing et une partie de véhicules propres
- Les 2.76% restants ne savaient tout simplement pas à qui les véhicules appartenaient.

Cependant, grâce à SAS entreprise Miner, nous pouvons approfondir les résultats initiaux et l'analyse descriptive grâce aux arbres de décision. En effet, si nous comparons la propriété des véhicules avec le chiffre d'affaires²³, nous pouvons constater comme sur la figure suivante que :

- Lorsque le chiffre d'affaires de l'entreprise est compris entre 25.000 et 199.999€
 - 90.91% des répondants utilisent leurs propres véhicules exclusivement
 - 9.09% des répondants passent par un contrat de leasing exclusivement
- Lorsque le chiffre d'affaires de l'entreprise est compris entre 200.000 et 999.999€
 - 79.41% des répondants utilisent leurs propres véhicules exclusivement
 - 20.59% des répondants utilisent leurs propres véhicules et passent par un contrat de leasing
- Lorsque le chiffre d'affaires de l'entreprise est compris entre 1.000.000 et 4.999.999€
 - 53.49% des répondants utilisent leurs propres véhicules exclusivement
 - 39.53% des répondants utilisent leurs propres véhicules et passent par un contrat de leasing
 - 6.98% des sondés affirment ne pas connaître la propriété des véhicules
- Lorsque le chiffre d'affaires de l'entreprise est supérieur à 5.000.000€
 - 41.30% des répondants utilisent leurs propres véhicules exclusivement
 - 54.35% des répondants utilisent leurs propres véhicules et passent par un contrat de leasing
 - 2.17% des répondants passent par un contrat de leasing exclusivement
 - 2.17% des sondés affirment ne pas connaître la propriété des véhicules

²³ Cf. annexe 9 propriété des véhicules

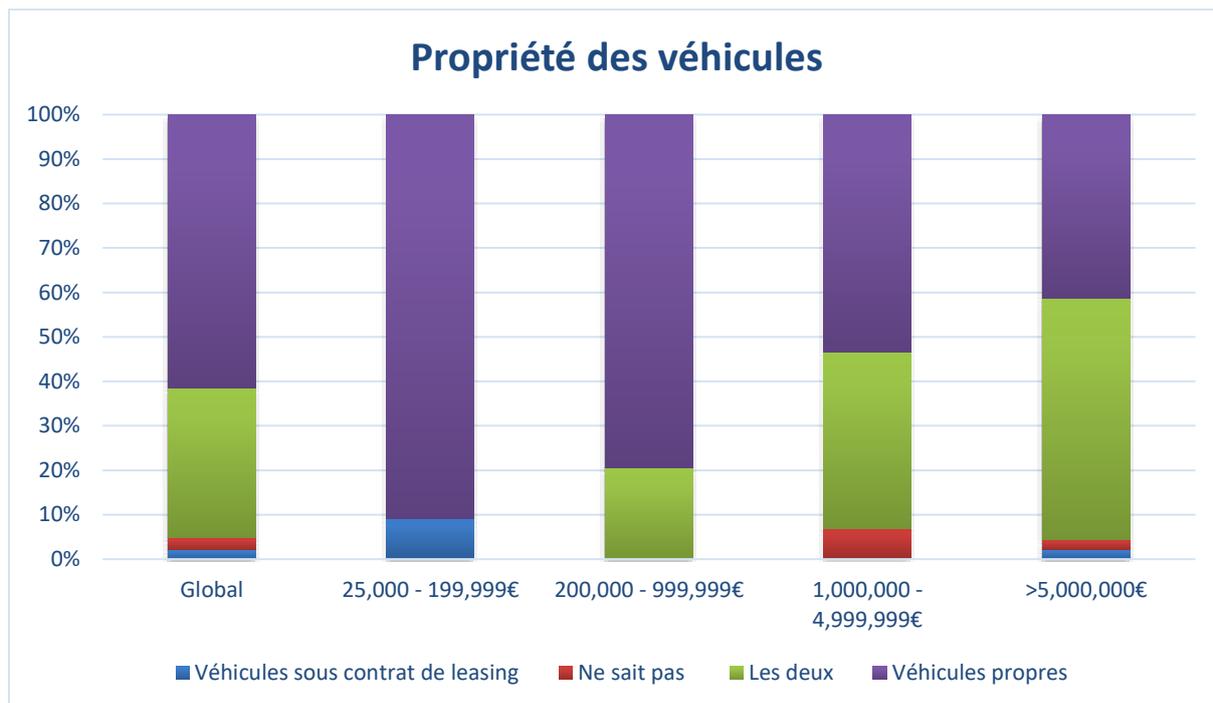


Figure 10 Propriété des véhicules

Suite à ces résultats, nous pouvons constater que plus les entreprises sondées ont un chiffre d'affaires élevé, plus elles ont une tendance à utiliser un mix de véhicules sous leasing et leur appartenant. Cependant, étant donné que les *misclassification rates* étaient beaucoup trop élevés, aucun modèle n'a réussi à confirmer ces prédictions pour de futures échantillons.

5.8.2 Types de véhicules utilisés

Lors de l'enquête, les répondants ont été interrogés quant au(x) type(s) de véhicule(s) utilisé(s). Ils avaient le choix, comme suggéré par la FEBIAC, entre 3 types de véhicules. Les utilitaires légers qui ont une masse inférieure ou égale à 3.5 tonnes, les utilitaires lourds ayant une masse supérieure à 3.5 tonnes ainsi que les tracteurs routiers (FEBIAC a.s.b.l., 2018). Pour obtenir une approximation du type de véhicule recherché et utilisé lors de ce salon, il était primordial de connaître la répartition du type de véhicule. La proportion des véhicules utilisés est répartie comme suit :

- 28.92% des répondants affirment utiliser des véhicules utilitaires légers dans leur entreprise
- 65.29% des répondants affirment utiliser des véhicules utilitaires lourds dans leur entreprise
- 63.73% des répondants affirment utiliser des tracteurs routiers dans leur entreprise

5.8.3 L'achat de nouveaux véhicules

L'intention d'achat lors de l'exposition « We Are Transport » à Brussels Expo lors de ces 1, 2 et 3 juin 2018 a été sondée lors du questionnaire. Il en ressort que seulement 39% des sondés avaient l'intention d'acheter de nouveaux véhicules. Cependant, une nuance peut être apportée après analyse. En effet, parmi les entreprises qui disposent déjà d'une flotte établie, les intentions d'achat montent à 51.03% des répondants, soit un peu plus d'un sondé sur deux parmi ces derniers. Ce qui représente 74 répondants.

Avant de se diriger sur la quantité de nouveaux véhicules que les entreprises souhaitent acheter, il serait pertinent de parler de la quantité de véhicules déjà présente dans les entreprises ainsi que l'intention d'achat de chaque sous-groupe, comme décrit sur le tableau sur la figure ci-après :

Nombre de véhicules actuels	Intention d'achat	Aucune intention d'achat	Représentativité
<i>Entre 1 et 5</i>	36,36%	63,64%	22,76%
<i>Entre 6 et 10</i>	68,97%	31,03%	20,00%
<i>Entre 11 et 20</i>	37,50%	62,50%	22,07%
<i>Entre 21 et 50</i>	33,33%	66,67%	14,48%
<i>Entre 51 et 100</i>	66,67%	33,33%	6,21%
<i>Entre 101 et 300</i>	77,78%	22,22%	12,41%
<i>Plus de 300</i>	100,00%	0,00%	2,07%
Total général	51,03%	48,97%	100,00%

Figure 11 Répartition du nombre de véhicules possédés par les répondants

Nous pouvons constater, même si leur représentativité n'est pas élevée, que les intentions d'achats sont plus marquées pour les répondants ayant actuellement une flotte supérieure ou égale à 51 véhicules. En effet, au minimum 2 tiers des répondants disposant à la base d'une telle flotte désirent faire l'acquisition de nouveaux véhicules.

Nous allons dès à présent nous focaliser sur les répondants ayant fourni une réponse positive quant au renouvellement de leur flotte, la population ayant une intention d'achat comme explicité dans la représentation ci-avant. Comme nous pouvons le constater sur la figure présente ci-après, nous allons focaliser cette analyse sur le nombre de véhicules que comptent acheter les répondants qui seront classés en catégorie représentant le nombre de véhicules présents dans leur flotte.

Globalement, les entreprises qui ont l'intention de renouveler leur flotte souhaitent :

- À hauteur de 62.16% en acheter entre 1 et 5,
- À hauteur de 21.62% en acheter entre 6 et 10
- À hauteur de 8.11% en acheter entre 11 et 20
- À hauteur de 2.70% en acheter entre 51 et 100
- Et 1.35% en acheter pour plus de 100 nouveaux véhicules.

Si nous allons plus dans le détail et dans l'analyse²⁴ comme décrit sur la figure ci-après :

Flotte actuelle/ Intentions d'achat	Entre 1 et 5	Entre 6 et 10	Entre 11 et 20	Entre 21 et 50	Entre 51 et 100	Plus de 100
<i>Entre 1 et 5</i>	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Entre 6 et 10</i>	85,00%	15,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Entre 11 et 20</i>	83,33%	8,33%	0,00%	0,00%	8,33%	0,00%
<i>Entre 21 et 50</i>	42,86%	42,86%	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%
<i>Entre 51 et 100</i>	50,00%	16,67%	16,67%	0,00%	16,67%	0,00%
<i>Entre 101 et 300</i>	7,14%	50,00%	28,57%	14,29%	0,00%	0,00%
<i>Plus de 300</i>	0,00%	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	33,33%
Total général	62,16%	21,62%	8,11%	4,05%	2,70%	1,35%

Figure 12 Répartition des intentions d'achat

Nous constatons, après cette analyse, que le seul groupe désirant acheter plus de 100 véhicules est celui qui dispose actuellement une flotte supérieure à 300. En ce qui concerne les répondants disposant des plus petites flottes observables dans cette enquête, c'est-à-dire celles comprises entre 1 et 5 véhicules, nous constatons que l'entièreté des intentions d'achat est également comprise entre 1 et 5. Pour les groupes disposant déjà d'une flotte comprise entre 6 et 10 ou entre 11 et 20, leurs intentions d'achat sont plus modestes. En effet, nous observons une volonté d'achat de respectivement 85 et 83.33% pour des achats compris entre 1 et 5 véhicules.

²⁴ Graphique représentatif disponible en annexe 10

5.8.4 La volonté à payer en valeur

Deux questions avaient pour but de déterminer la valeur supplémentaire que les répondants seraient prêts à payer pour tous les avantages que les différents capteurs et infrastructures pourraient apporter, tant bien au véhicule qu'aux différents gestionnaires. Lorsque nous analysons cette première question qui avait comme intitulé : « *Imaginons qu'un camion possède toutes les technologies présentées en option. Quel serait le prix maximum en plus du prix du camion que vous seriez prêt à investir pour ces options ? En €* » 169 réponses ont été fournies. Ces dernières étaient réparties entre 0 et 100.000€ pour une moyenne empirique de 7023.82€. Il est important de signaler que l'écart type est assez élevé avec une valeur de 11.636,67. Nous pourrions donc conclure qu'il faudrait peut-être offrir une ristourne pour utiliser ces technologies si nous cherchons à retirer la valeur de l'écart type à notre moyenne empirique. C'est pour cette raison que d'autres analyses ont été menées, comme nous pouvons le constater ci-après.

Cette valeur de l'écart-type étant élevée, il a été décidé de retirer 10% des observations avec les valeurs les plus faibles et la même proportion pour les valeurs les plus élevées pour un total de 34 observations. La nouvelle moyenne empirique ainsi calculée s'élève à 5291.44 €, ce qui représente une diminution de 24,66 % par rapport à la valeur initiale. L'écart type est celui qui subit la plus grande diminution. Il passe ainsi de 11.636,67 à 4062,89, soit un écart de 65,19% entre ces deux valeurs. Nous pouvons ainsi conclure que certaines valeurs retirées sont des valeurs fortement éloignées de la moyenne. Nous chercherons à développer davantage ces erreurs dans le point suivant relatif à la volonté à payer en pourcentage.

Étant donné que la moyenne est une mesure statistique qui est attirée par les valeurs extrêmes, il a été jugé utile de prendre en compte les différents quantiles, dont la médiane, afin de fournir plus de précision sur l'échantillon observé.

- Le premier quartile indique que 25% des observations sont inférieures à 2000 €, ce qui signifie qu'un quart des répondants à l'enquête seraient prêts à déboursier jusque cette somme pour ces différents avantages que les divers senseurs, capteurs et infrastructures pourraient apporter aux gestionnaires ainsi qu'aux camions.
- La médiane, donc le second quartile, nous informe que la moitié des consommateurs seraient prêts à déboursier jusque 3500 €. Cela signifie également que 25% des répondants seraient prêts à déboursier entre 2000 et 3500€.

- Le 3^{ème} quartile nous indique que 75%, soit les $\frac{3}{4}$ des sondés ayant répondu à la question concernant la volonté à payer seraient prêts à déboursier jusque 8500€ pour tous les avantages cités précédemment. Cela signifie que 25% des sondés seraient prêts à payer entre 3500 et 8500€.
- On peut observer qu'à l'exception de deux valeurs extrêmes (95.000 et 100.000€) le reste des sondés seraient prêts à déboursier jusque 40.000 €.

5.9 La volonté à payer en pourcentage

Nous venons d'analyser la volonté à payer d'un point de vue chiffré, en euros. Qu'en est-il du pourcentage additionnel que les répondants seraient prêts à payer en plus par rapport à la valeur du véhicule pour s'équiper de cette technologie ? La dernière question du questionnaire « *En plus du prix du camion, quel pourcentage supplémentaire ce prix représenterait-il ?* » cherchait justement à élucider cette vision du problème.

Le graphique ci-après représente les réponses des répondants pour cette question. Comme nous pouvons le constater, la majorité des sondés (51.72% d'entre eux) ont répondu qu'ils ne seraient pas volontaires à payer plus de 5% de la valeur totale du véhicule. 33.50% d'entre eux, soit un peu plus de 1 tiers seraient pour leur part capable d'investir entre 5 et 10% supplémentaire par rapport au prix du véhicule. Cela signifie, en d'autres termes, que les répondants à cette enquête, consacraient au plus jusque 10% additionnels par rapport au prix du véhicule pour 85.22% d'entre eux. Les autres sondés, quant à eux, ont déclaré être volontaires de payer plus, bien que cette représentativité soit bien plus faible. Ces chiffres sont disponibles sur la figure ci-après.

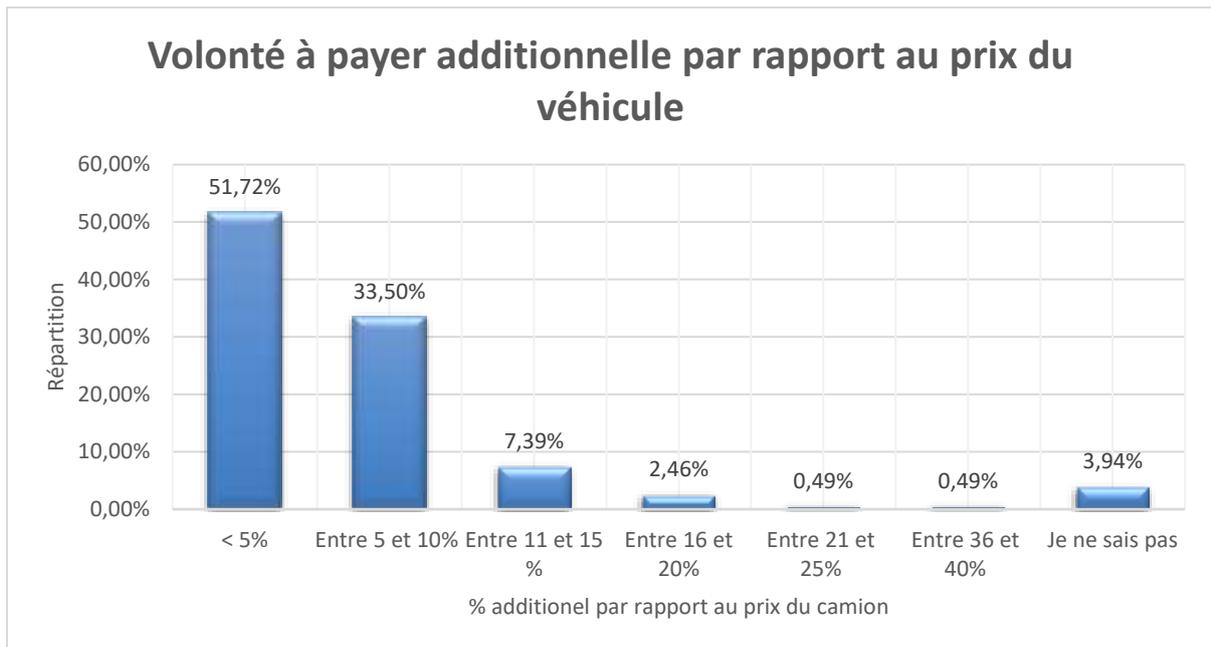


Figure 13 Volonté à payer additionnelle par rapport au prix du camion

5.9.1 Comparaison des données récoltées

Si nous prenons les différentes catégories de pourcentage additionnel que les entreprises seraient prêtes à payer par rapport aux moyennes respectives comme sur le tableau ci-après, nous pouvons émettre deux remarques principales.

9. Les prix estimés des camions se rapprochent de la réalité dans la plupart des cas, à l'exception de l'estimation du prix pour une volonté à payer en pourcentage compris entre 16 et 20%. En effet, le prix d'un camion neuf se situe entre 75.000 et 150.000 \$. (CostOwl, 2018)
10. Les écarts types sont élevés ce qui indique une forte dispersion autour de la moyenne. Donc, les répondants ont répondu des valeurs fortement éloignées les unes des autres pour une même volonté à payer en pourcentage.

Les sources de ces écarts peuvent être variées. Une mauvaise compréhension de la question, une mauvaise estimation des prix des véhicules. Le cas échéant, il est en effet plus simple d'évaluer le pourcentage supplémentaire que les répondants seraient prêts à payer qu'une somme maximum supplémentaire.

Volonté à payer en %	Moyenne de la volonté à payer en valeur	Écart-type de la volonté à payer en valeur	Prix estimé du camion²⁵
< 5% du prix du camion	4.176,10 €	10.299,72	83.521,98 €
Entre 11 et 15 % du prix du camion	12.083,33 €	7.232,61	80.555,56 €
Entre 16 et 20% du prix du camion	47.500,00 €	46.300,65	237.500,00 €
Entre 21 et 25% du prix du camion	20.000,00 €		80.000,00 €
Entre 36 et 40% du prix du camion	40.000,00 €		100.000,00 €
Entre 5 et 10% du prix du camion	7.892,86 €	4.387,70	78.928,57 €

²⁵ L'estimation du prix du camion a été calculé comme suit : il représente le produit entre la moyenne de la volonté à payer (en valeur) et l'inverse du pourcentage supplémentaire maximum que le répondant serait prêt à payer.

6 Discussion et recommandations

Dans le cadre de l'enquête, nous avons pu déterminer que les répondants étaient principalement des entreprises actives dans le secteur du transport et de la logistique et qu'ils avaient majoritairement déjà entendu parler du concept. De plus, la connaissance effective quant au concept avait tendance à être très bonne lorsque les répondants avaient, au préalable, déjà entendu parler de cette technologie.

Après avoir fait part de la définition générale, nous avons également pu déterminer que les opinions étaient globalement positives. Ces dernières étaient même quasi unanimes lorsque les personnes interrogées affirmaient (ou avaient un avis neutre) que l'Internet des Objets faisait partie de leurs responsabilités et qu'il allait, selon eux, contribuer à de nouvelles sources de revenus ou d'économies de coûts dans le courant des prochaines années. Nous pouvons dès lors conclure que, lorsque le concept est brièvement expliqué, l'opinion générale a tendance à être très accueillante envers cette technologie. Ils se rendent directement compte d'être constamment entourés de ce genre d'appareil dans la vie de tous les jours et ont, dès lors, une meilleure opinion générale, bien qu'ils n'aient pas nécessairement entendu parler du terme « Internet des Objets » au préalable.

Nous avons pu remarquer que le défi technologique pouvait soulever plusieurs challenges. Les entreprises l'ont d'ailleurs bien compris en cherchant à développer l'optimisation, le contrôle et l'autonomisation de leurs systèmes. Une des problématiques principales à laquelle elles devront faire face est lié au choix quant à la ou les technologies à adopter. Étant donné les faibles marges du marché, quels seront les choix d'investissement que les entreprises liées au transport routier devront entreprendre pour rester compétitives et améliorer leurs résultats ? Les évolutions et révolutions dans ce domaine sont, en effet, nombreuses et très fréquentes. Une technologie à la mode est très vite dépassée, ce qui amène les entreprises à souvent hésiter. Nous pouvons le voir tous les jours, l'obsolescence fait partie intégrante de notre modèle économique. Cependant, les infrastructures qui permettent de supporter la technologie IoT commencent à voir le jour dans de nombreux pays. Les constructeurs automobiles font de récurrentes avancées technologiques et proposent de plus en plus de services liés à l'Internet des Objets. D'un autre côté, les professionnels du transport, travaillant dans un secteur à marge faible, ne désirent pas payer leur véhicule pourvu de ces technologies plus de 10% supplémentaires par rapport au prix d'origine dans la grande majorité des cas.

Bien que la littérature parle de modules autonomes ou de drones pour le futur des transports de marchandises, ces technologies ont cependant une certaine limite quant à leur utilisation en pratique. En effet, les drones ne peuvent pas et ne pourront certainement pas livrer partout au-dessus des villes compte tenu des dangers liés à la sécurité, par rapport à la vie privée ou encore par rapport à leur limitation de poids maximal. Cependant, nous croyons qu'ils pourraient être très utiles dans les cas d'urgences humanitaires ou médicales. Ils pourraient permettre de fournir les premiers médicaments nécessaires à des blessés, permettre le ravitaillement des zones inaccessibles par les moyens traditionnels ou encore apporter des organes en urgence dans les hôpitaux.

Quant aux modules autonomes partagés, dans le futur, ils pourraient très bien servir de transporteurs de marchandises et être loués aux utilisateurs via un service d'abonnement. En effet, la population a généralement besoin d'un service de transport le matin et le soir pour aller et revenir de leur lieu de travail. Le reste du temps, les modules pourraient très bien avoir une fonction de livraison de marchandises durant les heures creuses tout en assurant un certain niveau de service pour le transport de personnes et ainsi limiter la congestion routière. Cependant, nous pensons que ce modèle trouvera une limite liée à la possession des véhicules. En effet, certaines personnes désireront conserver la possession d'un ou plusieurs véhicules personnels, ce qui aura comme effet d'augmenter le niveau de congestion. Le défi auquel nous devons répondre dépendra de la calibration du modèle de taxation décidé par les instances gouvernementales afin d'optimiser les flux de circulation.

En ce qui concerne le transport routier, le secteur a toujours de beaux jours devant lui malgré la pression qu'il devra subir durant les prochaines années. Une des problématiques présentes dans ce milieu concerne une inéquation entre l'offre et la demande de transport. Tout d'abord, bien que le secteur soit porteur, l'offre de transport a tendance à être inférieure à la demande qui, elle, est en pleine croissance. Cet écart peut être expliqué par plusieurs raisons. Premièrement, les métiers liés à la logistique et plus particulièrement au transport routier n'évoquent pas les vocations, car ils sont souvent vus comme étant difficiles, pénibles et souvent mal considérés par la société. Cependant, selon nous, ce métier va radicalement changer étant donné son automatisation et sa digitalisation. Le transporteur aura, en effet, un rôle tantôt lié à la représentation de commerce, tantôt lié à l'aspect administratif. Ces tâches compliqueront ce métier déjà considéré comme pénible. Le transporteur se retrouvera confronté à un paradoxe dans les années à venir. En effet, l'automatisation grandissante dans le secteur automobile et routier amène de plus en plus d'opportunités pour le transporteur en termes de polyvalence dans

ses tâches. Cependant, étant donné qu'il doit à tout moment être capable de reprendre le contrôle de son véhicule, il se retrouvera confronté à un métier encore plus exigeant qu'aujourd'hui. Dans la mesure où nous sommes dans un secteur vieillissant, nous recommandons aux gouvernements d'insister sur l'importance de rendre ce métier attractif et plein de challenges pour l'avenir. Il est primordial de ne pas abandonner ce marché plein d'avenir à des pays concurrents et opportunistes.

Nous recommandons également d'insister sur le dialogue social envers les syndicats qui pourraient restreindre ou ralentir le processus de digitalisation et d'automatisation principalement en Belgique et en France, car la transition digitale est quasi inéluctable. Ces derniers ont souvent tendance à confondre innovation et nouvelles technologies avec perte d'emplois. Il y aura certes un changement dans la nature du travail à effectuer, mais elle ne sera pas nécessairement liée à une perte d'emplois pour les raisons évoquées ci-avant.

Parmi les nouveautés de ces dernières années, les véhicules électriques font partie des concepts importants pour lutter contre les émissions de CO₂ et de particules fines présentes dans l'atmosphère et ne doivent pas être pris à la légère. En effet, nous avons souvent tendance, à tort, d'oublier que les ressources de lithium qui permettent de construire ces batteries sont limitées en capacité. De plus, il ne faut pas perdre de vue que l'extraction du minerai est excessivement mauvaise pour la qualité des ressources en eau avoisinantes, que le recyclage du lithium est compliqué et les moyens de production d'électricité ne sont pas toujours écologiques ou durables. Bien que les technologies de recyclage évoluent, nous pensons qu'un mix énergétique (batteries lithium-ion, hydrogène ou CNG²⁶) pour les véhicules serait le plus pertinent et durable pour l'environnement.

Enfin, nous rappelons que les données recueillies lors de l'évènement *We Are Transport* ont été récupérées à Bruxelles et que, dès lors, les résultats peuvent ne pas s'appliquer à d'autres pays ou régions. Il convient donc de rester prudent quant à l'interprétation et à la généralisation des résultats. D'autres enquêtes de ce genre pourraient être menées afin d'infirmer ou de confirmer les résultats et les conclusions de cette enquête.

²⁶ Compressed Natural Gas ou gaz naturel compressé

7 Gestion de projet

Dans le cadre de ce mémoire, il nous a été demandé de formuler un chapitre relatif à la gestion du projet. Ce chapitre expliquera donc la méthodologie employée afin de réaliser notre travail.

7.1 Prélude

D'après le Project Management Institute (2018), un projet est temporaire. Il possède, en effet, un début et une fin définie dans le temps avec une portée et des ressources qui le sont tout autant.

Un projet est également unique, dans le sens où il ne représente pas une simple opération de routine, mais bien l'accomplissement de plusieurs tâches et de processus, qui visent à accomplir un objectif bien particulier, dans notre cas, le mémoire. La gestion du projet est donc l'application des moyens mis en œuvre (temps, connaissances, outils et techniques) requis pour la réalisation de notre objectif. (Project Management Institute, 2018)

7.2 Méthodologie

Nous allons dès lors définir la méthodologie employée, en suivant la suite des étapes conseillée par le Project Management Institute, c'est-à-dire l'initiation, la planification, l'exécution, le contrôle et la clôture. Ensuite, nous décrirons les points d'attention les plus pertinents, sur lesquels le PMI s'appuie pour mener à bien notre projet.

7.3 Les étapes principales

7.3.1 L'amorçage du projet

Nous avons tout d'abord, effectué une recherche de sujet pour le mémoire lors de la première année du master. Cette recherche s'est principalement axée sur des sujets technologiques et une opportunité nous a été proposée par le Professeur Limbourg, avec un sujet lié au futur de la *supply chain* dans un monde incertain.

7.3.2 Le périmètre du projet

Le périmètre était, quant à lui plus difficile à déterminer. Nous avons un sujet bien trop vaste pour être sujets à un travail de fin d'études. Nous avons donc effectué certaines recherches sur le sujet afin de réduire ce dernier à un périmètre plus restreint. Nous avons, avec l'accord de notre promotrice, décidé de cantonner la recherche à l'Internet des Objets et émettre un cas particulier pour le monde du transport routier.

7.3.3 L'exécution

Nous avons entamé une revue de la littérature afin de nous familiariser avec le jargon scientifique relatif à la technologie et pour nous donner une idée de structure générale à appliquer dans la suite de notre travail. En parallèle à ce travail de recherche, avec l'aide de notre promotrice, nous avons procédé à l'élaboration d'un questionnaire qui serait utilisé lors de l'exposition pour notre enquête et une variante qui serait appliquée pour les interviews auprès des professionnels.

Par la suite, nous avons encodé en Anglais, Français et Néerlandais notre enquête sur le programme Qualtrics pour le distribuer auprès des visiteurs du salon à Brussels Expo. Nous avons ensuite dû analyser les résultats de cette enquête afin de les retranscrire dans notre travail final en suivant la structure que nous avons initialement préparée.

En parallèle à la recherche de littérature, des interviews ont dès lors été menées afin de confronter la réalité du terrain à la théorie tout en suggérant nos idées à notre promotrice afin de garder une ligne directrice.

7.3.4 La surveillance et le contrôle

Au fur et à mesure de notre avancement, nous avons consulté différentes personnes afin de conserver une cohérence dans notre travail et dans le but de garder une progressivité dans la relecture de ce travail. Il a, en effet, été considéré comme opportun de proposer une relecture progressive aux personnes volontaires.

En parallèle, nous avons gardé contact avec notre promotrice afin de la tenir au courant de nos agissements et de nos idées d'amélioration.

7.3.5 La clôture du projet

Une relecture finale a été effectuée par les personnes volontaires dans le but de calibrer les derniers changements et pour peaufiner ce travail

7.4 Les points d'attentions

7.4.1 La gestion du temps

Ce travail représente une durée de travail non négligeable. Nous avons dès lors du préparer un planning général pour nous donner des objectifs et des contraintes de temps. Nous avons décidé de garder ces contraintes les plus larges possible afin de pallier à un retard éventuel et ainsi nous donner une marge de manœuvre le cas échéant.

Nous avons choisi de rendre notre travail à la date du 16 août 2018, pour nous donner la plus grande marge de manœuvre. Nous avons également déclaré que la date du 5 août serait la date finale pour clôturer ce travail afin de disposer d'un objectif réalisable et qui nous permettrait de nous mettre en sécurité si un problème de dernière minute venait à se présenter.

7.4.2 La gestion des coûts

D'un point de vue de coût engendré, certains coûts liés à ce travail étaient à considérer. Parmi ces derniers, les coûts de déplacements pour les différentes interviews et pour les 3 jours d'exposition à Bruxelles.

7.4.3 La gestion des risques et communication

Les risques étaient pour leur part principalement liés au manque de temps ou au manque de ressources bibliographiques et d'interviews. Ces sources pouvaient également être de mauvaise qualité. C'est pourquoi nous avons bien pris le temps avant les entretiens, de préciser par mail quels seraient les questions, leur but et le périmètre de notre travail.

Conclusion

Dans un monde où la technologie est la clé de l'avenir, l'Internet des objets apporte de nouvelles opportunités et de nouveaux défis aux marchés, en particulier dans le secteur du transport. Les véhicules autonomes, la mobilité intelligente ou encore les infrastructures intelligentes sont devenus des sujets particulièrement célèbres ces dernières années. Ils ne sont plus liés aux romans et à la science-fiction, mais sont désormais de véritables enjeux contemporains. Cet article vise à découvrir les impacts d'un tel buzzword dans le monde de la logistique et plus particulièrement dans le secteur du transport routier.

Au cours d'entretiens en face à face avec des experts de terrain et d'une revue de la littérature, nous avons illustré et démontré que l'IdO est une technologie très stimulante qui ouvre de nombreuses possibilités dans le secteur des transports. Par le biais de véhicules connectés, autonomes, partagés ou électriques, les entreprises, les chercheurs et les universités ont reconnu l'importance des investissements technologiques futurs, afin d'apporter de nouvelles sources de revenus ou d'économies de coûts. L'Internet des Objets peut apporter de nouvelles fonctionnalités aux véhicules, telles que la gestion électronique du carburant via certains capteurs, de nouvelles applications de sécurité, des systèmes de gestion de flotte, ou encore des systèmes de platooning. Ces applications peuvent également être étendues à une plus grande traçabilité ou à de nouvelles utilisations liées aux systèmes de gestion d'entrepôt, qui peuvent fournir une meilleure transparence tout en participant à l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement. Cependant, certains défis majeurs liés à la sécurité, à la vie privée, à l'interopérabilité ou à l'aspect juridique devront être relevés. Les véhicules électriques devront également faire face aux ressources limitées et au défi du recyclage, tout en laissant de la place à d'autres nouveaux carburants qui pourraient aider à faire face à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre tels que le CNG ou l'hydrogène.

Une enquête a été menée afin de recueillir des informations sur la connaissance de l'IdO, son opinion générale, les différentes utilisations technologiques actuelles et futures dans les entreprises interrogées ou leur volonté de payer pour la technologie de l'Internet des Objets. Cette enquête visait les professionnels de l'industrie du transport qui ont participé à l'événement Brussels Expo : "We Are Transport" les 1er, 2 et 3 juin 2018.

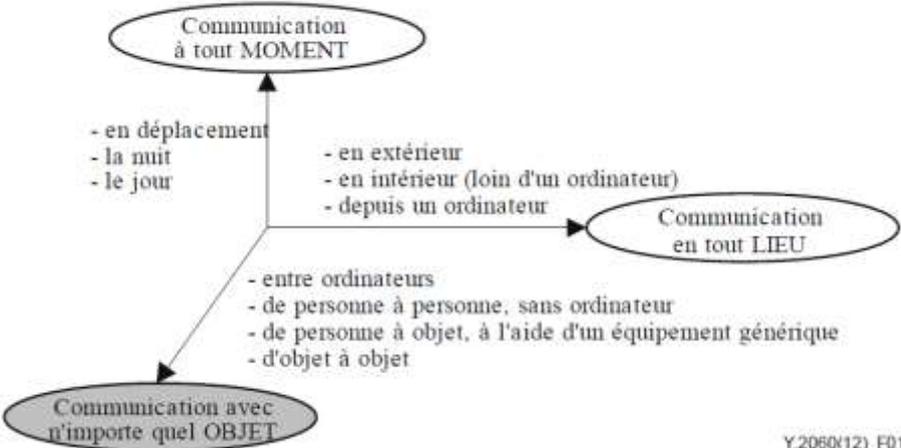
Pour conclure, bien qu'il existe de nombreux défis, les entreprises sont déterminées à optimiser leur fonctionnement et leurs performances grâce notamment à plusieurs technologies liées à l'IoT. Il y a donc bien une place pour cette dernière, mais seul l'avenir nous le confirmera.

8 ANNEXES

8.1 Annexe 1 : Statistiques d'usage d'internet



8.2 Annexe 2 : Nouvelle dimension apportée par L'IoT



8.3 Annexe 3 : Tableau des classifications des domaines des objets

Table 3.1-1: Characteristics and attributes clustered under functional domains.

<p>Domain 1 Fundamental characteristics</p>	<p>“Things”</p> <ul style="list-style-type: none"> • can be “real world entities” or “virtual entities” • have identity; there are means for automatically identifying them • are environmentally safe • (and their virtual representations) respect the privacy, security and safety of other “things” or people with which they interact • use protocols to communicate with each other and the infrastructure • are involved in the information exchange between real/physical, digital and virtual worlds
<p>Domain 2 Common characteristics of all things, even the most basic (applies to all higher classes too)</p>	<p>“Things”</p> <ul style="list-style-type: none"> • can use services that act as interfaces to “things” • would be competing with other “things” on resources, services and subject to selective pressures • may have sensors attached, thus they can interact with their environment
<p>Domain 3 Characteristics of social things (applies to all higher classes too)</p>	<p>“Things”</p> <ul style="list-style-type: none"> • can communicate with other “things”, computing devices and with people • can collaborate to create groups or networks • can initiate communication
<p>Domain 4 Characteristics of considerate autonomous things (applies to all higher classes too)</p>	<p>“Things”</p> <ul style="list-style-type: none"> • can do many tasks autonomously • can negotiate, understand and adapt to their environment • can extract patterns from the environment or to learn from other “things” • can take decisions through their reasoning capabilities • can selectively evolve and propagate information
<p>Domain 5 Characteristics of things that are capable of self-replication or control</p>	<p>“Things”</p> <ul style="list-style-type: none"> • can create, manage and destroy other “things”

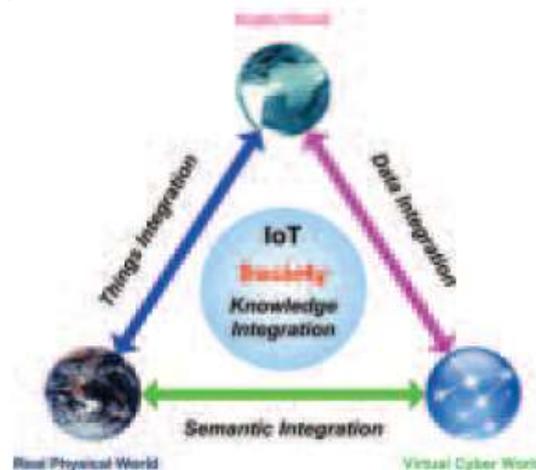


Figure 3.1-2: Internet of Things - a symbiotic interaction among the real/physical, the digital, virtual worlds and society.

8.4 Annexe 4 : Quels sont les freins éventuels à la transition vers l'IoT ?

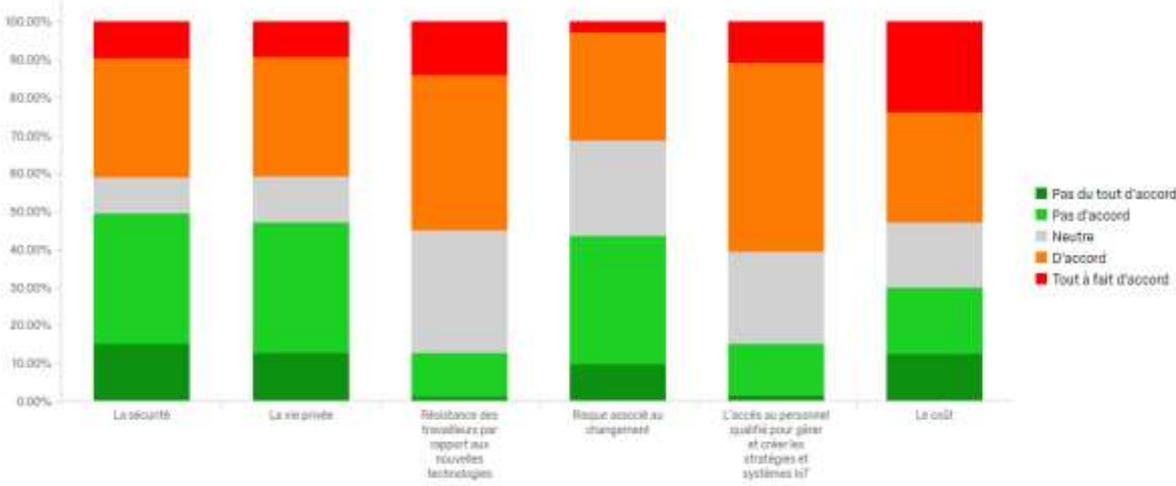
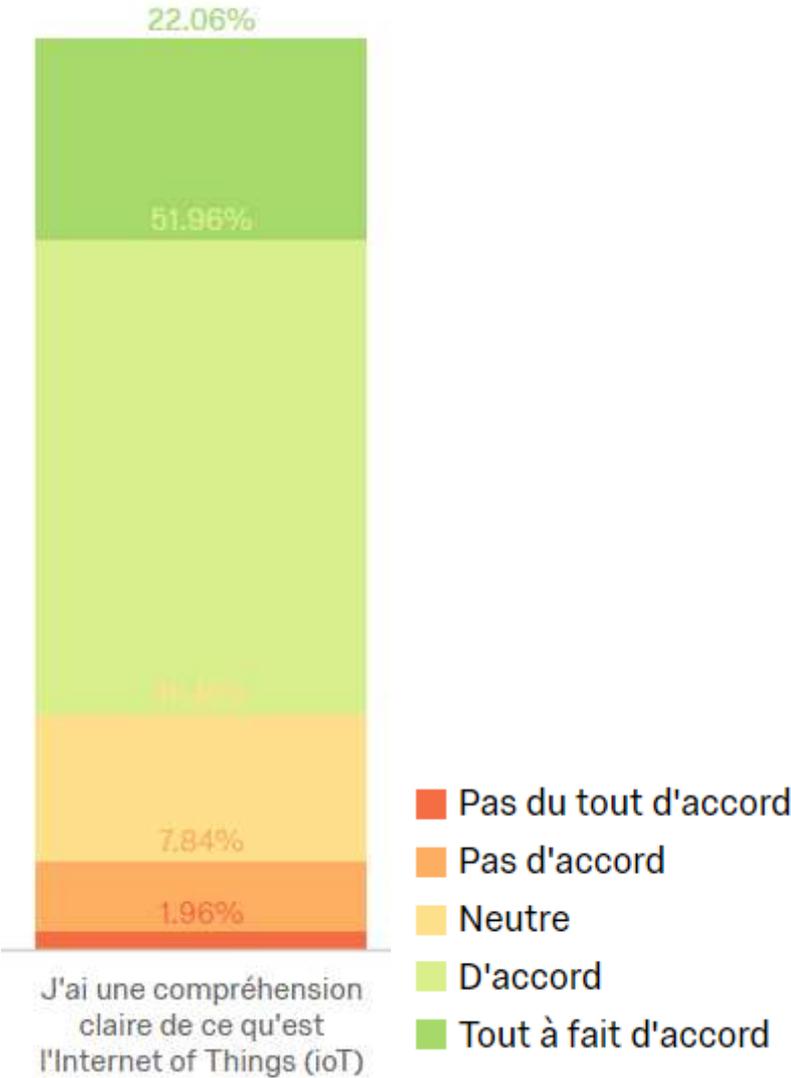
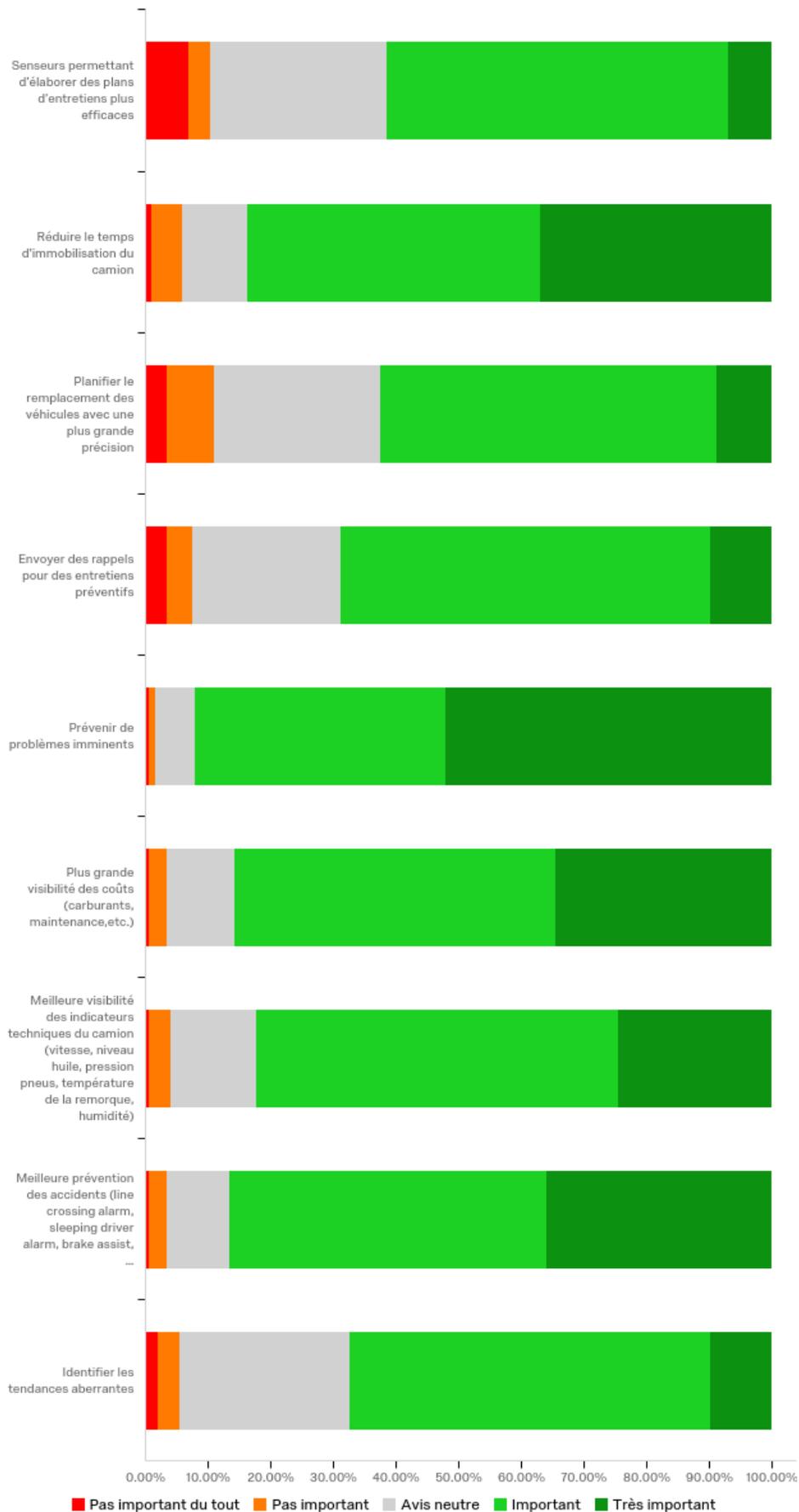


Figure 14 Quels sont les freins éventuels à cette transition vers l'IoT ?

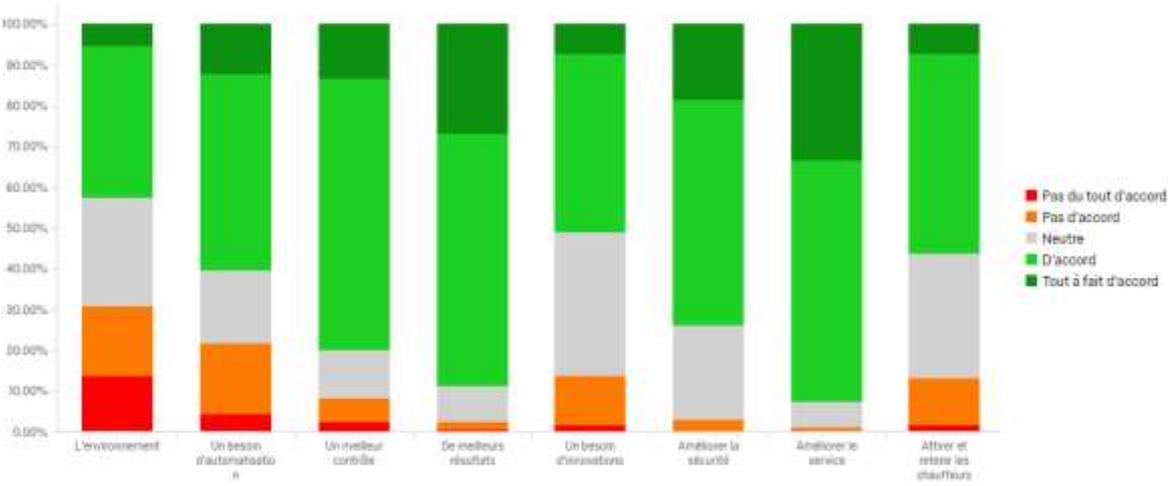
8.5 Annexe 5 : Le niveau de compréhension du concept



8.6 Annexe 6 : L'importance des infrastructures et des capteurs



8.7 Annexe 7 : L'intérêt principal des technologies



8.8 Annexe 8 : Opinion des répondants

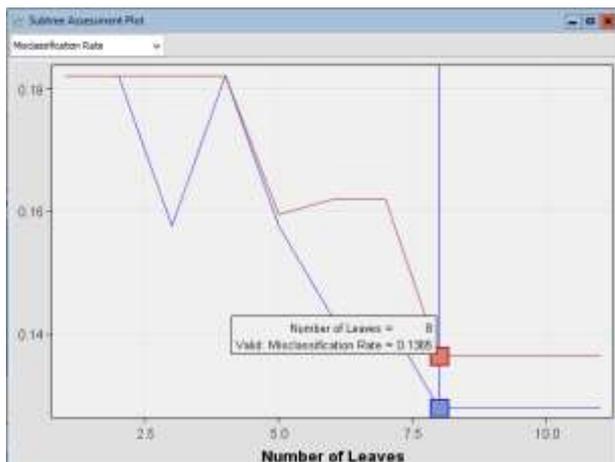
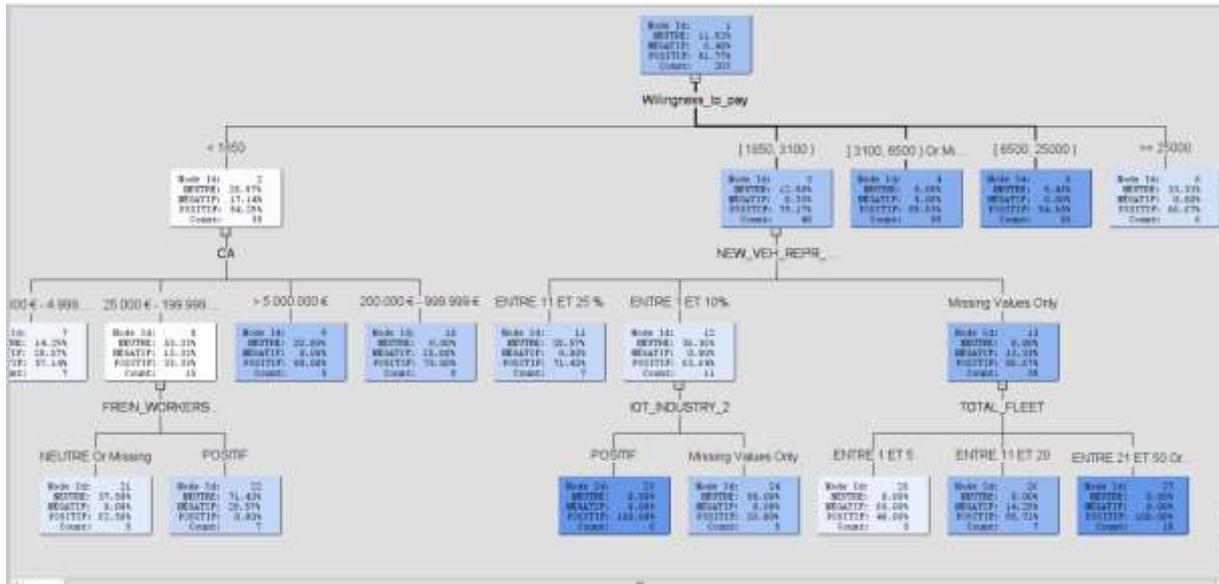
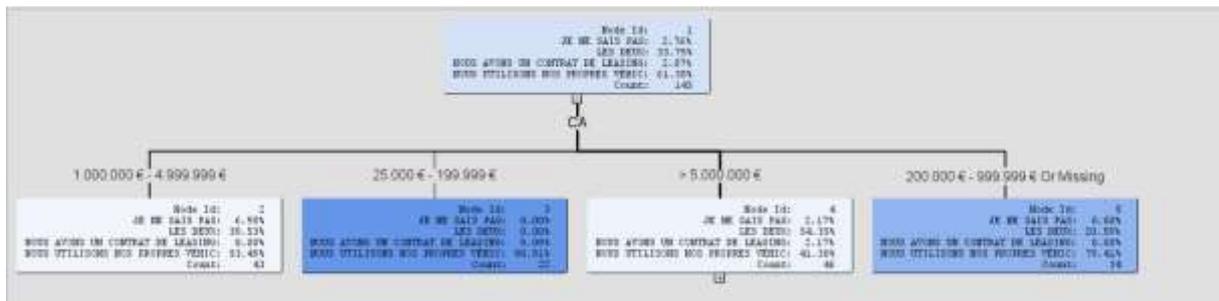
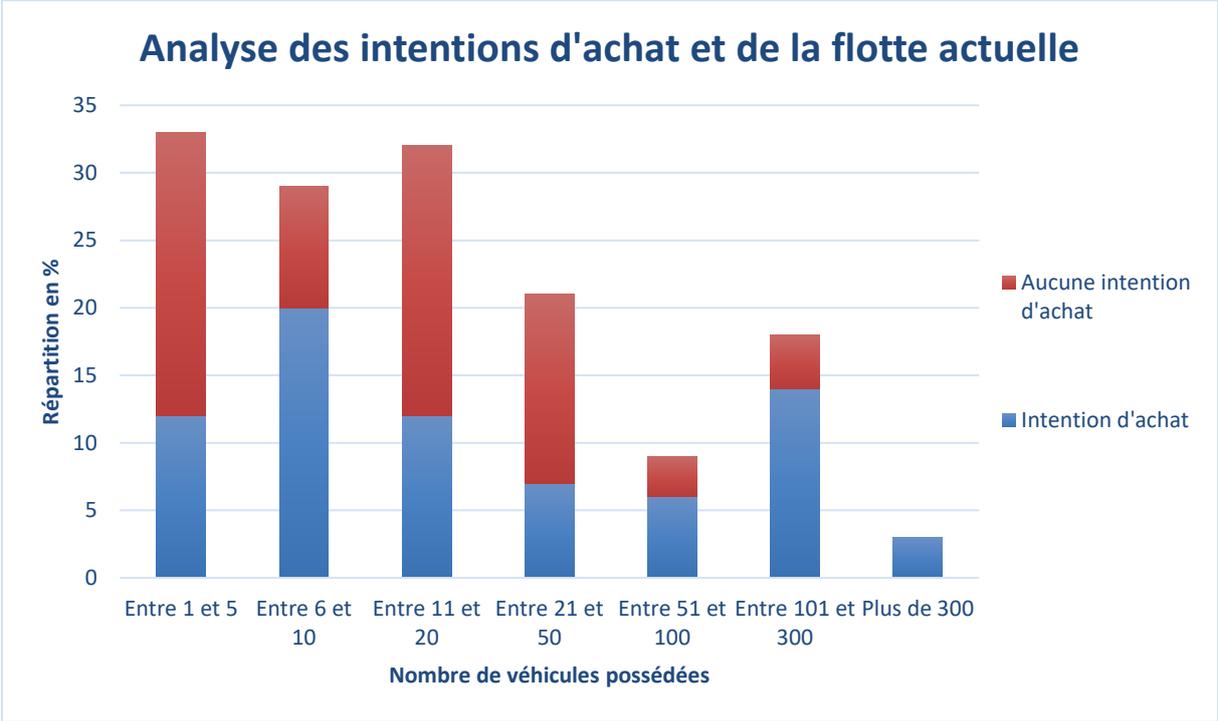


Figure 15 taux d'erreur de classification

8.9 Annexe 9 : Propriété des véhicules



8.10 Annexe 10 : Analyse des intentions d'achat et de la flotte actuelle



8.11 Annexe 11 : Interview

8.11.1 Questionnaire destiné aux experts : guide d'entretien

Questionnaire destiné aux experts

Afin de rendre un contexte au thème de l'Internet of Things, une définition générale est nécessaire.

Selon l'International Telecommunication Union, l'Internet of things ou des objets peut être défini comme tel :

« Internet des objets (IoT) : infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution. » (International Telecommunication Union, 2014, p. 1)

Après cette brève définition,

1. Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?
 - a. Est-ce que vous suivez ce sujet avec attention ? Recherches éventuelles ?
2. Dans quelles mesures l'internet of things pourrait changer le monde du transport routier de demain ?
 - a. Quid de la Wallonie ? Belgique ? Europe ?
3. Quels sont les avantages ainsi que les inconvénients de l'implantation de cette technologie au sein des véhicules de transport ?
 - a. Est-ce que la stratégie de votre entreprise s'est adaptée à cette technologie ?
 - i. Si oui, en quoi ?
 - b. Dans quelle branche du transport routier l'internet of things serait-elle la plus efficace ?
4. Quand prévoyez-vous l'arrivée de camions connectés et pourvus de cette technologie ?
 - a. Qu'en est-il de la période d'adoption pour l'ensemble du marché ? Pourquoi ?
 - b. Envisagez-vous un système de livraison entièrement indépendant ? (Drones, véhicules autonomes) ?
 - c. Quel serait l'impact de véhicules autonomes sur le marché du transport routier ? Est-ce envisageable dans le secteur du transport ?
 - i. Que deviendraient les chauffeurs ?
5. Quels seraient les retours sur investissements d'une telle mise en œuvre ? Quels seraient les impacts sur la demande ? Pourquoi ?
6. Quels sont les obstacles quant à l'adoption de véhicules dotés de technologies liées à l'internet of things ? (Point de vue légal, vie privée, protection des données RGDP)
7. Quels seraient les impacts principaux de cette technologie ? (Environnementaux ? Sur les travailleurs ? Sur les fournisseurs/clients)
 - a. Qu'en est-il de l'aspect relationnel ?
8. Si tous les groupes de transport venaient à tous se fournir en capteurs et autres utilisant l'internet of things, comment le marché se comporterait ?
 - a. Qui serait le plus avantageux et pourquoi ?

- b. Quelles seraient les nouvelles plus-values, USP à mettre en avant pour les entreprises de transport routier ?
 - c. Comment une petite entreprise de transport pourrait se différencier par rapport à ses plus grands concurrents ?
9. Comment assurer la sécurité des données ainsi que des camions qui seraient potentiellement la cible de pirates informatiques ?
- a. Qu'est-ce qui se passerait en cas de défaillance du système ? (Plus de réseau, capteur défectueux)
 - i. Que se passera-t-il lorsqu'un camion passera sous une montagne ou dans un tunnel ?
10. On assiste à la naissance du platooning (groupement de véhicules par pelotons ou par convoi) ce qui permettrait au chauffeur à être occupé à d'autres tâches durant ce temps libéré. En quoi consisteraient ces tâches ?
- a. N'y a-t-il pas un risque pour les emplois des chauffeurs ?
 - b. Leur travail serait-il redéfini ? Si oui, dans quelle mesure ?
11. Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?
- a. Si, dans le futur, les véhicules au gaz/électriques sont les seuls à pouvoir entrer dans les LEZ, quel serait le nouveau plan de transport ?
12. Est-ce que vous avez des commentaires ou des questions que j'aurais oubliées ?

8.11.2 Interview de Mario Cools – 18 mai 2018

Mario Cools est professeur à l'université de Liège à la Faculté des Sciences Appliquées ainsi qu'à la KUL. Ses travaux ainsi que ses recherches sont principalement axés sur l'économie des transports, leur analyse, la modélisation architecturale et urbaine ou encore l'urbanisme et l'architecture

1. *Considérez-vous l'Internet of Things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?*

a. *Est-ce que vous suivez ce sujet avec attention ? Recherches éventuelles ?*

Oui, car Mario Cools est même coordinateur d'un work package du projet Wider Economic Impacts of autonomous connected transport qui est un projet sur les véhicules autonomes. Il mène également des recherches sur ces derniers. Il estime que ce mode de transport représente vraiment le futur de la connectivité, car aujourd'hui, selon lui, nous avons déjà les voitures ainsi que les technologies qui sont là en termes de capture et d'intelligence dans la voiture. Cependant, selon M. Cools, ce qui doit être amélioré, c'est l'échange d'informations entre les différents véhicules (V2V, vehicle to vehicle). Quant au V2I, (Vehicle to infrastructure) il estime que nous ne sommes nulle part, et cela, par manque d'investissements. En ce qui concerne tout ce qui est ISA (Internet and speed adaptation), il estime que nous pouvons déjà aller beaucoup plus loin, mais qu'aucun gouvernement ne se penche dans cette direction alors que c'est quelque chose qui peut fortement améliorer la sécurité routière. Il estime également que l'on devrait pousser les gouvernements à investir plus. Il est aussi impliqué dans tout ce qui est MAAS (Mobility As A Service) et c'est là aussi que l'IoT peut intégrer tous les différents services qui existent sur une seule plateforme. Même si, selon lui, cela n'existe toujours pas au sens de la définition. Ce que l'on fait pour le moment, c'est intégrer plusieurs services dans un seul abonnement, mais la connectivité entre les différents services, c'est soit utiliser une journée pour un mode de transport X une autre pour un mode de transport Y, mais nous n'avons toujours pas d'intégration. Pour le moment nous avons un multiservice pour plusieurs déplacements, mais ce n'est pas encore multiservice pour un seul déplacement. Pour lui, le véritable MAAS, c'est de voir en temps réel où il y a congestion sur le réseau routier et ainsi pouvoir s'adapter, changer de mode de transport et de pouvoir optimiser le trajet par rapport au temps passé dans le transport ainsi que d'un point de vue financier, mais nous n'y sommes pas du tout.

2. *Dans quelles mesures l'internet of things pourrait changer le monde du transport routier de demain ?*

Le plus important, selon lui, c'est le monde du véhicule autonome. En ce qui concerne le transport de camion, il estime que cela va disparaître. Car nous utilisons nos voitures principalement entre 8 et 18h et le reste du temps, elles ne sont pas utilisées. Il estime que l'on peut voir le futur du transport routier comme un ensemble de modules dans lesquels pendant la journée, il y a des modules pour les personnes (pendant les heures de pointe) et quand le véhicule n'est plus utilisé, ils peuvent servir au transport de marchandises. Cela pourrait, selon lui, changer le futur et les camionneurs tendraient à disparaître pour plutôt devenir des caristes. Cependant, il n'a aucune idée précise de quand ils viendraient à disparaître. L'autre aspect lié à cela est un changement qui pourrait prendre place est que l'on ne sera plus propriétaire, mais que nous aurons plutôt une suscription à des services MAAS à la condition que cela soit bien planifié. C'est aussi une réflexion qui est en cours pour les producteurs automobiles.

Quid de la Wallonie ? Belgique ? Europe ?

Les vitesses d'adaptations seront différentes et les syndicats vont être un véritable frein, particulièrement chez nous et en France. Ils doivent, selon Mario Cools, déjà réfléchir à cette transition, car les bus autonomes par exemple vont apparaître et vont remplacer le marché du transport de personnes.

3. Quels sont les avantages ainsi que les inconvénients de l'implantation de cette technologie au sein des véhicules de transport ?

Le plus problématique sera la période de transition durant laquelle les innovateurs et les adapteurs précoces devront faire face à la majorité tardive comme cela s'est déjà vu avec les Tesla, par exemple. La difficulté sera surtout dans l'intégration de ces véhicules dans le contexte urbain. Par exemple, que se passera-t-il lors de la rencontre avec un piéton ? Est-ce que les gens seront prêts à porter un capteur, un senseur qui les rendra visibles pour toute l'infrastructure ? la réponse était assez surprenante, car la plupart des gens ont tendance à répondre non, qu'il faudrait être fou alors que nous sommes en permanence avec nos smartphones qui fournissent exactement ce genre d'informations avec leurs puces. Nous pouvons également imaginer des senseurs qui seraient capables de fournir l'information quant à la présence de cyclistes ou de piétons sans toutefois fournir plus d'informations comme l'identité qui elle, peut rester privée. Ou alors, simplement des senseurs dynamiques qui détectent les mouvements, tout comme les infrastructures lumineuses à détection de mouvements ou de présence. Ces derniers pourraient très bien être reliés et connectés aux véhicules.

- a. *Dans quelle branche du transport routier l'internet of things serait-elle la plus efficace ?*

Tout dépend du niveau de regroupement des flux qui sont possibles. Par exemple pour le moment l'e-commerce devient de plus en plus important et de plus en plus petites livraisons sont effectuées. C'est à la fois un avantage et un désavantage. Cela a le potentiel de regrouper plus efficacement les flux, mais si on regarde la pratique actuelle, cela augmente les flux et le nombre de transports nécessaires augmente. On est censé regrouper les flux, mais on les augmente en pratique. Il y a un marché pour simplifier ces flux afin de coordonner tous les transports.

4. *Quand prévoyez-vous l'arrivée de camions connectés et pourvus de cette technologie ?*

Cela dépend du degré de connexion. En ce qui concerne le platooning, cela peut très bien arriver dans les 5 ans (2023). En ce qui concerne les véhicules autonomes, M Cools se considère comme un optimiste et les voit arriver pleinement sur nos routes vers 2040. Il existe certains paradoxes tel que ISA qui existe depuis plus de 20 ans, mais qui n'est toujours pas intégré.

- a. *Envisagez-vous un système de livraison entièrement indépendant ? (Drones, véhicules autonomes) ?*

Complètement autonome comme énoncé ci-dessus avec les différents modules.

- b. *Quel serait l'impact de véhicules autonomes sur le marché du transport routier ? Est-ce envisageable dans le secteur du transport ?*

Oui via les modules. Dans les grands flux, il reste un rôle pour les autres méthodes, pour les grands axes (bateaux, avions et train) et leur rôle reste important.

5. *Quels seraient les retours sur investissements d'une telle mise en œuvre ? Quels seraient les impacts sur la demande ? Pourquoi ?*

Théoriquement, avec un système qui communique bien, la congestion va drastiquement diminuer. Car on peut obtenir l'optimum du système si l'on force les choix routiers pour les véhicules ou modules. De plus, la distance entre les véhicules peut être plus petite compte tenu de l'autonomie. On peut améliorer la gestion de l'infrastructure et améliorer l'efficacité. Cela représente également un risque, car on aura peut-être un transfert modal non voulu. Une grande question réside dans les actions qui seront menées dans les centres urbains. Est-ce que l'on doit laisser les véhicules autonomes rentrer dans le centre ou doit-on créer des zones piétonnières ?

6. *Quels sont les obstacles quant à l'adoption de véhicules dotés de technologies liées à l'internet of things ? (Point de vue légal, vie privée, protection des données RGDP)*

D'un point de vue légal, lorsque tous les ministres européens se sont rencontrés et se sont accordés pour qu'à l'horizon 2021, la législation doit être prévue pour les véhicules autonomes. Par exemple, chez nous, nous avons une route qui permet actuellement des essais.

En ce qui concerne la vie privée, la question est de savoir où la barrière de la vie privée s'arrête et où l'intrusion de la vie privée commence. Est-ce que les gens seraient prêts à partager leurs agendas avec le système et à également partager leur moyen de transport pour plus de flexibilité ?

7. *Quels seraient les impacts principaux de cette technologie ? (Environnementaux ? Sur les travailleurs ? Sur les fournisseurs/clients)*

Nous avons deux extrêmes qui sont possibles. Soit chacun a son module autonome, donc trop de véhicules seront sur la route, soit nous utiliserions tous un module autonome auquel nous aurions souscrit un abonnement. La grande question concerne la possession du véhicule autonome. Il faut un marché bien géré, via le service public. La peur principale pour Mario Cools serait que l'on se dirige plutôt vers le second cas, où chaque personne posséderait un module.

On doit donc être très intelligent par rapport à la taxation. Il serait toujours possible de posséder son propre module, mais le prix à payer devrait être plus cher. Le rôle du constructeur devrait être de penser à une collaboration avec les transports en commun, malgré la réticence des syndicats.

8. *Si tous les groupes de transport venaient à tous se fournir en capteurs et autres utilisant l'internet of things, comment le marché se comporterait ?*

a. *Comment une petite entreprise de transport pourrait se différencier par rapport à ses plus grands concurrents ?*

Pour les plus petits, la question serait de se demander s'ils utilisent leurs modules tout le temps. Et est-ce qu'il est complètement rempli. Le cas échéant, cela signifie qu'il reste du temps libre ou de la place à vendre alors que les plus grands auraient tendance à tout le temps tout utiliser (espace et temps de leurs modules).

9. *Comment assurer la sécurité des données ainsi que des camions qui seraient potentiellement la cible de pirates informatiques ?*
- i. *Que se passera-t-il lorsqu'un camion passera sous une montagne ou dans un tunnel ?*

Il y a et il y aura toujours des systèmes back-up. La protection et l'information devront être des piliers pour les investissements à venir. Une des questions importantes à se poser et comment distribuer l'information. « Comment protéger le plus le système ainsi que le sous-système ? » est la question que les informaticiens devront répondre.

- b. *Qu'est-ce qui se passerait en cas de défaillance du système ? (Plus de réseau, capteur défectueux)*

Il y a des expériences qui ont été faites comme le *Moral Machine* du MIT qui demande, lors d'un accident inévitable, qui la voiture devrait tuer.

10. *On assiste à la naissance du platooning (groupement de véhicules par pelotons ou par convoi) ce qui permettrait au chauffeur à être occupé à d'autres tâches durant ce temps libéré. En quoi consisteraient ces tâches ?*

En pratique, le premier camion doit être conduit par un chauffeur. En ce qui concerne les camions, ces derniers ont besoin de techniciens, de nettoyeurs, etc. Ce genre de travail va avoir un rôle de plus en plus important. Mais est-ce que les chauffeurs seraient prêts à migrer vers ces fonctions ? Ils auront un rôle plus social qu'avant.

11. *Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?*

À moyen terme il y aura des problèmes, lors de l'introduction d'une nouvelle technologie, comment ces différentes technologies vont agir entre elles et qu'est-ce qui sera mis en place avant que la technologie soit à 100% sûre. Pour arriver à ces fameux 100% il faudra beaucoup de tests réels.

- a. *Si, dans le futur, les véhicules au gaz/électriques sont les seuls à pouvoir entrer dans les LEZ, quel serait le nouveau plan de transport ?*

Si l'on parle de véhicules autonomes, on doit parler de véhicules autonomes électriques. La plupart des voitures qui sont très autonomes (niveau 3) sont électriques ou hybrides donc le problème des émissions ne serait pas un problème pour les LEZ. En ce qui concerne les véhicules actuels, il faut aussi prendre en compte la véritable émission et non celle annoncé comme nous avons pu le constater avec Volkswagen par exemple.

Dans la réflexion d'une écoconduite, on pourra voir si certains véhicules peuvent rentrer dans ces zones d'émissions, mais nous en sommes encore loin...

8.11.3 Interview de Bernard Piette – 25 mai 2018

Bernard Piette est le *General Manager* de Logistics in Wallonia qui est « le Pôle de Compétitivité dédié au secteur Transport, Logistique et Mobilité en Wallonie » (Logistics in Wallonia, 2018) la mission principale est d'aider et accompagner les entreprises wallonnes dans leurs processus d'optimisation logistiques.

1. *Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?*

a. *Est-ce que vous suivez ce sujet avec attention ? Recherches éventuelles ?*

Les pôles de compétitivité ont comme objectif essentiel de monter et de faire financer des projets qui associent des entreprises et des universités. Il y a donc évidemment des sujets IoT qui commencent à être soumis, sans toutefois encore être labellisé et qui sont principalement des projets de supply chain. C'est un sujet qui est suivi avec attention, car certains dispositifs pourront être tout à fait autonomes en énergie. On pourrait aussi répondre à un enjeu fondamental de la supply chain : la visibilité et la traçabilité (track and trace). Donc, tout ce qui touche au déplacement de la marchandise en utilisant un panel de technologies par exemple, la plus connue, celle du code-barre. Dans le domaine du transport routier, une préoccupation principale est comment faire en sorte de parvenir à gérer la congestion ainsi que le trafic routier en constante augmentation. Le problème que l'on voit c'est que souvent, on a envie de dire il faudrait mettre moins de marchandise sur la route et plus sur les autres catégories de transport. Alors que l'enjeu n'est pas de savoir si oui ou non on doit en enlever pour les changer de mode de transport, mais il faut prendre en compte chaque méthode de transport pour ce qu'il sait mieux faire, c'est-à-dire que chaque mode est adapté à un type de transport. Par exemple, on ne fera jamais de l'e-commerce avec le train et une bobine d'acier avec une camionnette de 1.5t. Lorsque l'on observe les augmentations de volume à venir, comment va-t-on faire pour bien répartir cette augmentation aux bons modes de transport et pas que sur la route. Nous pouvons aussi remarquer, suite à des observations du plan qu'à politique inchangée, la pression sur la demande de transport routier va augmenter de plusieurs dizaines de pourcents. Selon, M. Piette, là où l'IoT aura un rôle, ce sera dans l'interfaçage des modes de transport et dans la manière de pouvoir fluidifier la circulation d'informations entre les modes de transport. Et nous pouvons également constater que certaines grandes entreprises de transport, par exemple Jost, sont en train de diversifier leurs modes d'acheminement ainsi que leurs modes de transport pour pouvoir utiliser (pour des contraintes environnementales et aussi économiques) d'autres modes de transport en essayant de les rendre « harmonieux » par rapport au mode de transport routier.

2. *Dans quelles mesures l'internet of things pourrait changer le monde du transport routier de demain ?*

L'IoT représente vraiment la dimension des flux d'informations qui représente la clé pour le futur. Il est aussi intéressant d'observer la multiplication des objets communicants et de trouver une réponse à la question : « Comment faire pour récupérer et exploiter les données ? »

3. *Quels sont les avantages ainsi que les inconvénients de l'implantation de cette technologie au sein des véhicules de transport ?*

Il ne faut pas oublier de se poser la question de qui sera le driver de l'innovation, car on ne va pas faire de l'IoT pour faire de l'IoT. Elle sera une technologie utilisée si elle répond à un besoin économique démontré. Un camion est là pour réaliser une opération à caractère économique, de plus, les entreprises de transport routier ont l'habitude de travailler avec des marges très faibles (3-4%). Donc elles vont vraiment chercher à trouver un équilibre entre ce que l'innovation apporte comme possibilités d'optimisation et quel est le calcul de gain économique que les entreprises vont réaliser suite à cela.

4. *Quand prévoyez-vous l'arrivée de camions connectés et pourvus de cette technologie ?*

C'est honnêtement très difficile à dire. M Piette avance que le SPF mobilité travaille à l'établissement d'un cadre législatif pour mener un projet pilote pour les véhicules autonomes. Il faudra une décision politique, donc une période qui serait propice à ce genre de décision. Ensuite il faudrait développer le cadre législatif ce qui amènera à des réunions entre les différents acteurs et nous rentrerons ensuite dans un projet pilote d'une durée de 2,3 ans pour évaluer le pilote avant d'arriver à une généralisation sans toutefois oublier d'adapter toute l'infrastructure. Il estime également qu'en restant pessimiste qu'il y aurait un timing de 10 ans. Il faudra une communication entre l'infrastructure et les véhicules (V2V/V2I). Il se peut aussi que ce genre d'évolution se fasse par à-coups et pas toujours de manière coordonnée, car lorsque l'on touche à l'infrastructure, cela veut dire que l'on touche au domaine public et donc on parle d'investissement public dans lesquels les pouvoirs disent qu'ils n'ont pas d'argent. Donc ils vont se demander si on doit investir là-dedans. Si oui pourquoi, est-ce possible de le vendre d'un point de vue électoral ? Nous sommes dans un domaine où chaque décision politique peut avoir une incidence en matière électorale sans oublier que dans notre pays, le système électoral est extrêmement compliqué.

- a. *Envisagez-vous un système de livraison entièrement indépendant ? (Drones, véhicules autonomes) ?*

Au jour d'aujourd'hui, M. Piette ne croit pas à la généralisation des drones dans le cas de la livraison expresse. Des centaines de drones qui volent au-dessus de nos têtes avec des commandes Amazon. Ce n'est pas la technologie qui est le problème, mais c'est le problème de l'acceptation sociétale et de la réglementation aérienne. Sur l'aspect technique ainsi que sur la vie privée, il y a des problèmes. Que se passera-t-il lorsqu'il y aura une panne, où est-ce que le drone atterrira ? Tuera-t-il quelqu'un ? il croit très fort à leur utilisation dans des cas particuliers tels que les terrains vastes, les zones de catastrophes, les îles éloignées, les dons d'organes, mais pas de manière généralisée.

5. *Quels seraient les impacts principaux de cette technologie ? (Environnementaux ? Sur les travailleurs ? Sur les fournisseurs/clients)*

Il croit que nous avons des syndicats qui ont énormément à faire en matière d'acceptation du progrès technologique. Cela signifie qu'il faudrait qu'ils arrêtent de voir toute nouvelle avancée comme étant une destruction d'emplois et d'activité économique. « C'est nouveau donc c'est mauvais ».

6. *Si tous les groupes de transport venaient à tous se fournir en capteurs et autres utilisant l'internet of things, comment le marché se comporterait ?*
a. *Qui serait le plus avantage et pourquoi ?*

Il est clair que ce genre d'innovation va revenir dans les grandes flottes compte tenu de leur taille et de leurs nouvelles acquisitions. En effet, nous avons vu durant les dernières années, des stratégies de concentrations où les entreprises se rachètent les unes les autres. Il y a également eu avec le temps un écrémage et donc les entreprises qui restent sont plus en mesure de dicter leurs prix et donc de renverser la relation fournisseur/ sous-traitant. Donc l'innovation ne sera jamais une fin en soi et ici dans notre cas c'est un gain compétitif (diminution des coûts, augmentation des revenus ou pour plus de différenciation)

- b. *Quelles seraient les nouvelles plus-values, USP à mettre en avant pour les entreprises de transport routier ?*

La technologie ne va pas changer fondamentalement, ce qui est déjà la réalité maintenant, à savoir que les entreprises qui se différencient en matière de transport routier et de service (et/ou avec certaines spécialisations)

- c. *Comment une petite entreprise de transport pourrait se différencier par rapport à ses plus grands concurrents ?*

Elles pourraient se distinguer par la qualité de service ainsi que par la spécialisation en parallèle avec une qualité de service irréprochable. Tout dépendra de leur position ou du secteur de niche qu'ils vont occuper qui permettra à ces entreprises ainsi qu'à la qualité de service qui vont offrir.

7. *Comment assurer la sécurité des données ainsi que des camions qui seraient potentiellement la cible de pirates informatiques ?*
 - a. *Qu'est-ce qui se passerait en cas de défaillance du système ? (Plus de réseaux, capteur défectueux)*
 - i. *Que se passera-t-il lorsqu'un camion passera sous une montagne ou dans un tunnel ?*

M.Piette croit au couplage de plusieurs technologies. Elles seront associées et se recouperont les unes les autres. Par exemple, le laser/radar/RFID recoupe leurs informations entre elles et s'autovérifient. Un peu comme les carburants, il ne pense pas qu'un seul type de carburant sera prédominant et que nous aurons des systèmes avec des mix d'énergies.

8. *On assiste à la naissance du platooning (groupement de véhicules par pelotons ou par convoi) ce qui permettrait au chauffeur à être occupé à d'autres tâches durant ce temps libéré. En quoi consisteraient ces tâches ?*

Oui il va changer, il va sûrement s'occuper des tâches administratives. Comme toute nouvelle technologie, l'impact, son ampleur et sa rapidité d'implémentation sont très difficiles à estimer. Par exemple, l'imprimante 3D, on sait qu'elle va influencer les opérations logistiques, mais on ne sait pas encore dire précisément. On commence à savoir dans quel type de domaine, mais quelle ampleur et quelle vitesse ? 0.5 – 1% - . . . 10% des opérations logistiques ?

- a. *N'y a-t-il pas un risque pour les emplois des chauffeurs ?*

Je ne sais pas et je ne serai pas radical pour les emplois. Une analyse est menée au niveau du Pôle de Compétitivité depuis maintenant 6 ans. Il y a des analyses qui sont menées et on remarque qu'il y a une très grande demande de chauffeurs poids lourds où la moyenne d'âge tourne autour de 45 ans ce qui laisse présumer qu'il y a un grand problème de renouvellement de personnel de cabine (manque de vocation, métier difficile...), mais il y a tout de même une forte demande de chauffeurs belges pour faire du transport en Belgique donc il ne faut pas mélanger les débats en disant que les entreprises passent nécessairement par des entreprises de l'est. Qui plus est, en ce qui concerne le platooning, il faut créer le cadre législatif et en Belgique, nous n'y sommes toujours pas. Cependant, il ne faut pas oublier que d'un point de vue légal selon la convention de Vienne qui impose qu'il y ait toujours une personne en cabine lorsque le camion est sur une route publique, ce qui veut dire qu'à terme le rôle du chauffeur va changer. M Piette n'est pas convaincu qu'il y ait un lien de cause à effet entre automatisation

et destruction d'emplois. Et qu'au contraire, ce serait une source d'opportunité à saisir dès maintenant, car les métiers autour de la supply chain sont de plus en plus précis, techniques. Le problème résidera dans la requalification des gens ou pour les écoles et autres organismes de formation de pouvoir anticiper ces changements et de manière suffisamment flexible et agile.

9. Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?

Il pense que le transport routier ne disparaîtra jamais. C'est une illusion de penser le contraire, parce que tout ce que nous consommons est transporté d'une façon ou d'une autre et les opérations de transport (ainsi que leur intensité) dépendent de nos habitudes de consommation. Donc si l'on veut vraiment diminuer le nombre de transports, nous devons tous consommer à la fois ce qui est saisonnier et ce qui est local. Il estime que le lobby du consommateur est à la fois le plus puissant et le plus désorganisé. Si nous tous consommateur, décidons de ne plus consommer que des produits de saison de chez nous, les opérations vont drastiquement diminuer. Il y aura surement encore des rachats d'entreprises, mais, le monde du transport routier a encore de beaux jours devant lui.

8.11.4 Interview de Charlotte De Broux – Bruxelles mobilité – 25 mai 2018

Charlotte De Broux est attachée à la direction stratégique de Bruxelles Mobilité

1. *Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?*
 - a. *Est-ce que vous suivez ce sujet avec attention ? Recherches éventuelles ?*

L'IoT est certainement un élément qui peut changer l'organisation du transport en général grâce à un meilleur suivi en temps réel des marchandises et une utilisation plus efficace des véhicules. Ceci dit, il me semble important de distinguer dans le transport routier, le transport longue distance/hors agglomération et la distribution urbaine. Nous n'avons toutefois pas à ma connaissance une politique proactive sur la question.

2. *Dans quelles mesures l'internet of things pourrait changer le monde du transport routier de demain ?*
 - a. *Quid de la Wallonie ? Belgique ? Europe ?*
3. *Quels sont les avantages ainsi que les inconvénients de l'implantation de cette technologie au sein des véhicules de transport ?*
 - a. *Est-ce que la stratégie de votre entreprise s'est adaptée à cette technologie ?*
 - i. *Si oui, en quoi ?*
 - b. *Dans quelle branche du transport routier l'internet of things serait-elle la plus efficace ?*
4. *Quand prévoyez-vous l'arrivée de camions connectés et pourvus de cette technologie ?*
 - a. *Qu'en est-il de la période d'adoption pour l'ensemble du marché ? Pourquoi ?*
 - b. *Envisagez-vous un système de livraison entièrement indépendant ? (Drones, véhicules autonomes) ?*
 - c. *Quel serait l'impact de véhicules autonomes sur le marché du transport routier ? Est-ce envisageable dans le secteur du transport ?*
 - i. *Que deviendraient les chauffeurs ?*

Réponse aux questions 2-3-4

En offrant une vue en temps réel de la position de chaque marchandise transportée, l'IoT pourrait permettre d'optimiser l'organisation du transport au sein de la chaîne logistique. Actuellement la transmission d'informations à l'avance sur les marchandises qui seront transmises par un transporteur à un autre est souvent rendue compliquée par la mauvaise qualité des données. Ceci pose problème lorsqu'un transporteur spécialisé dans le groupage de marchandises à destination de la ville doit organiser ses tournées avec des marchandises venant de plusieurs clients. En imposant d'attendre toutes les marchandises pour planifier une tournée, ça retarde le départ des véhicules et nuit à la qualité de service. Si chaque palette/colis était équipé d'une puce reprenant toutes les informations sur la livraison et que la lecture et l'envoi de ces informations pouvaient être automatisés, cela faciliterait l'articulation efficace de la

chaîne logistique. Toutefois, ceci est en théorie déjà en grande partie possible actuellement, mais ne fonctionne pas bien à cause du mauvais encodage des données ou de l'absence de celles-ci. Si l'adresse de livraison est erronée, si le poids n'est pas indiqué, etc. Aujourd'hui, pourquoi est-ce que ça changerait grâce à l'IoT ? De plus, le monde du transport routier à des niveaux d'informatisation très différents selon les entreprises. Il faudrait s'assurer que l'information circule bien malgré les différents systèmes en place. L'IoT pourrait aussi limiter les risques de perte/vol des marchandises.

Quant aux véhicules, le suivi en temps réel est déjà possible grâce aux GPS. La question des véhicules autonomes en revanche soulève beaucoup de questions, en particulier en ville ! La question de la conduite est en partie similaire aux voitures : peut-on laisser des voitures autonomes cohabiter avec des cyclistes et des piétons dont le comportement est difficile à prévoir ? Si on leur réserve un réseau spécifique, leur utilisation est d'office exclue pour la livraison B2C, ce qui va représenter une part du marché croissante en ville. Quid de l'arrêt ? Actuellement la grande majorité des livreurs s'arrêtent en double file ou de façon très limitée par rapport au Code de la route. Si le véhicule est autonome, l'algorithme prévoira-t-il que le véhicule doit tourner encore et encore jusqu'à trouver une place de stationnement ou prévoira-t-il la possibilité d'enfreindre le Code de la route (la première solution n'est pas rentable et la deuxième pas soutenable politiquement) ? Sans parler des cas où les aires de livraisons sont trop étroites et où le camion doit monter en partie sur le trottoir pour ne pas bloquer le tram (un véhicule autonome comprendrait-il que le tram est coincé derrière lui ?) Quant à la livraison proprement dite, on peut envisager que pour les colis (en petit nombre), on demande au destinataire final de prendre en charge la manutention, pour un grand nombre de colis ou des palettes, ceci paraît difficile. La présence d'un livreur semble donc toujours requise. Quelle serait donc la plus-value d'un véhicule autonome pour la livraison en ville ?

L'utilisation de drones en ville ne montre actuellement presque aucun intérêt. Ça demande plus de temps qu'en camionnette et est presque impossible à cause de l'interdiction d'utiliser l'espace aérien. Les seuls cas intéressants ont l'air d'être les trajets fixes (entre deux implantations) avec des petits volumes. Par exemple, envoi des échantillons à analyser entre un hôpital et un laboratoire. Le starship développé en Estonie montre très bien les limites du système. Il roule à 5km/h, mais ne peut pas circuler dans les zones denses en piétons, car il doit être alors sous le contrôle permanent de quelqu'un.

5. *Quels sont les obstacles quant à l'adoption de véhicules dotés de technologies liées à l'internet of things ? (Point de vue légal, vie privée, protection des données RGDP)*
6. *Quels seraient les impacts principaux de cette technologie ? (Environnementaux ? Sur les travailleurs ? Sur les fournisseurs/clients)*
 - a. *Qu'en est-il de l'aspect relationnel ?*
7. *Comment assurer la sécurité des données ainsi que des camions qui seraient potentiellement la cible de pirates informatiques ?*
 - a. *Qu'est-ce qui se passerait en cas de défaillance du système ? (Plus de réseaux, capteur défectueux)*
 - i. *Que se passera-t-il lorsqu'un camion passera sous une montagne ou dans un tunnel ?*

Réponse aux questions 5-6-7

L'IoT représente un vrai défi à plusieurs niveaux.

La question de la sécurité informatique est en effet essentielle pour des aspects aussi sensibles que le contenu d'une cargaison (quelle mine d'or de savoir quel camion transporte des objets de luxe ou ce qui doit être livré à qui !) ou la conduite d'un véhicule. Or par définition, ce qui est connecté est piratable. De façon générale, le développement de l'IoT représente un vrai danger pour Internet à cause des possibilités accrues d'attaques informatiques par déni de service (DDoS).

L'aspect environnemental est également un vrai enjeu. Les besoins énergétiques liés à la gestion de données massives sont gigantesques et sont un vrai problème environnemental, d'autant plus que le problème est déporté puisque ce n'est pas l'utilisateur d'internet qui paie la facture d'électricité du data center.

Il y a donc à mon sens un arbitrage à faire entre les bénéfices potentiels et les risques, mais je ne sais pas qui pourra le faire.

L'aspect social me semble le moins problématique, en tout cas en ville parce que j'ai beaucoup de mal à envisager des livraisons urbaines sans livreur.

8. *On assiste à la naissance du platooning (groupement de véhicules par pelotons ou par convoi) ce qui permettrait au chauffeur à être occupé à d'autres tâches durant ce temps libéré. En quoi consisteraient ces tâches ?*

- a. *N'y a-t-il pas un risque pour les emplois des chauffeurs ?*
- b. *Leur travail serait-il redéfini ? Si oui, dans quelle mesure ?*

Le platooning est clairement inenvisageable en ville pour des raisons techniques (densité d'utilisation du réseau, pas de grandes lignes droites), d'un intérêt moindre vu la vitesse et de l'acceptabilité sociale (les gens n'aiment pas les camions devant chez eux, alors un train de camions...).

9. *Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?*
 - a. *Si, dans le futur, les véhicules au gaz/électriques sont les seuls à pouvoir entrer dans les LEZ, quel serait le nouveau plan de transport ?*

En ville les contraintes vont continuer à augmenter. Parce qu'en réduisant la place accordée à la voiture, on restreint de fait l'accessibilité en camions/camionnettes. La congestion ne va donc pas diminuer puisqu'elle est un outil pour réduire la pression automobile. La taxe kilométrique et les LEZ vont mettre de plus en plus de pression sur les types de véhicule qui circulent. Tout ceci va, j'espère, favoriser une professionnalisation (parce que prendre le transport en charge soi-même va devenir de plus en plus cher et compliqué) et une spécialisation (le véhicule idéal sur autoroute n'est pas le véhicule idéal en ville) du transport. Les transporteurs, en particuliers les gros joueurs, ne sont d'habitude pas contre les restrictions d'accès tant que les règles sont les mêmes pour tous (et partout idéalement) puisque ça peut constituer un frein à la concurrence (les non-professionnels ou les plus petits ayant plus de mal à faire les investissements nécessaires).

8.11.5 Interview Bernard Paci – 2 août 2018

1. Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?

Pour les véhicules, ce domaine est très important dans le domaine des senseurs. Les plus grandes avances sont au niveau de la sécurité au cours des 10 15 dernières années. Avec le break assist. Si un camion arrive à un feu rouge avec des véhicules à l'arrêt, il peut y avoir des blessés, voire des morts. Comme à Bruges dernièrement. Si ce véhicule avait un système d'assistance de freinage, il n'y aurait pas eu de problème. Ce système permet lors de la détection d'un véhicule en mouvement ou à l'arrêt, il freine dans un espace entre 0-90 km/h. Le nouveau système permet de détecter les angles morts en plus. Avec des couvertures d'angle mort en plus avec le SIDE Guard assist, la sécurité est de plus en plus assurée. Si un cycliste ou un piéton passe, il y aura un signal lumineux et visuel. Ce sont des systèmes qui sont beaucoup plus en avance que les systèmes demandés par la communauté européenne.

Fleetboard est un système qui a deux grandes parties, le management du véhicule et la partie logistique. C'est un système dans le cadre de la gestion du véhicule qui permet de donner au gestionnaire la visibilité du véhicule sur une carte dans toute l'Europe. C'est un service supplémentaire que Mercedes vend et le gestionnaire voit sur son écran le véhicule, la vitesse et de multiples rapports (utilisation du frein à moteur, pas de plage rouge pour ne pas augmenter la consommation, combien de fois il utilise le frein à pied, le poids du camion, on sait voir si quelqu'un a volé du mazout)

Lorsque le système a été lancé, ils ont vu que sur X clients utilisés, ils ont vu une réduction des coûts d'essence de 10%, grâce à Fleetboard et aux différents coachings des chauffeurs. On voit également où le camion voit si les chauffeurs suivent bien les consignes et ne font pas de travail en noir. Un résultat est fourni, une cote qui est indépendante et comparable pour le type de route, de conduite utilisée. Cela permet de comparer les chauffeurs qui roulent en montagne et à plat sans faire de discrimination en prenant compte de tous les paramètres.

Il y a également des applications pour le chauffeur où il peut avoir les principaux paramètres de sa conduite. Idem pour gestionnaire de flotte. Le module logistique permet que la centrale des grandes flottes puisse communiquer avec son camion. Il peut scanner ses documents directement et les envoyer à sa centrale et inversement.

Pour se défendre en justice, c'est également un avantage s'ils doivent montrer qu'ils ont toujours bien roulé. Cela peut être bénéfique dans leur travail et être un avantage au lieu d'un inconvénient. Cela peut être utilisé aussi au niveau des assureurs afin de faire diminuer la prime.

Le système Uptime qui permet d'offrir au client avec un abonnement de capter les données des senseurs et un logiciel va analyser ces données afin d'analyser les pannes 8 heures à l'avance. Si le camion détecte une panne à l'avance, Mercedes prévient le client afin de le solutionner à distance partout en Europe. Cela permet d'optimiser la conduite. Avec ce système on pourra prévenir les entretiens et de donner au client une visibilité sur ces coûts et de laisser le camion le moins de temps à l'arrêt. S'il y a un souci d'urgence, Mercedes peut directement prévenir le chauffeur.

Un autre système *Predictive Powertrade Control* permet de fournir la carte de toute l'Europe avec la topologie et le camion connaît la route deux kilomètres à l'avance. En fonction de cela, il passera les vitesses lui-même tout en gardant une connectivité avec les radars disponibles sur le véhicule.

2. On assiste à la naissance du platooning (groupement de véhicules par pelotons ou par convoi) ce qui permettrait au chauffeur à être occupé à d'autres tâches durant ce temps libéré. En quoi consisteraient ces tâches ?

Quelques tests ont été effectués en Europe, aux USA. Le gros avantage est que les camions pourraient rouler à une distance de 10m au lieu de 50, cela permettra de faire des économies de carburant. Le chauffeur doit toujours être attentif, car les véhicules doivent être autonomes.

- a. N'y a-t-il pas un risque pour les emplois des chauffeurs ?

Dans 40 ans, il n'y aura plus de chauffeurs.

3. Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?

Dans le futur dans 3,4 ans, les camions vont se garer à quai automatiquement. Dans 30, 40 ans, tout se fera automatiquement sans chauffeur. Le futur est un monde sans accident. En ce qui concerne l'énergie utilisée, les véhicules électriques seront utilisés pour le transport urbain (mais pas pour les camions longue distance). Pour ces derniers, ce serait plutôt de l'hydrogène. Le gouvernement devra mettre la main à la pâte afin de mener les régulations.

8.11.6 Interview Jean-François Gaillet – 31 mai 2018

1. Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?
 - a. Est-ce que vous suivez ce sujet avec attention ? Recherches éventuelles ?

Oui, Vias travaille avec beaucoup de données. Que ce soit pour faire des simulations, des études de bases sur la mobilité, sur l'accidentologie et l'impact de certains phénomènes (atmosphérique par exemple) sur la santé. Ces nouvelles technologies sont utilisées par les chercheurs ou ceux qui font du prototypage sur l'évaluation dans les nouvelles technologies. Vias a déjà installé des capteurs de présence sur les parkings pour handicapés avec des technologie Lora. Dans le cadre d'une grande ville en Wallonie²⁷, tout un système a été proposé par Vias pour refaire tout le monitoring de la pollution avec des technologies sans fil (NOx, ozone, etc.)

2. Dans quelles mesures l'internet of things pourrait changer le monde du transport routier de demain ?
 - a. Quid de la Wallonie ? Belgique ? Europe ?

Ce qui important, c'est de déterminer les flux de déplacements au niveau macro pour faire de la modélisation et pas au niveau des régions compte tenu des navetteurs. Le but est de travailler sur des alternatives notamment à la voiture, mais aussi par rapport à l'organisation du travail. Des outils de simulation permettent d'évaluer en fonction de la demande ce qui se passerait si, par exemple, on faisait un shift de 10% de véhicules, comment la demande se comporterait ? que se passerait-il si les gens acceptent d'aller à leur travail pour 9h au lieu de 8. Donc pour cela, on a besoin de données. Ces dernières viennent principalement des groupes de comptage au niveau national, mais beaucoup proviennent de véhicules via des communautés telles que Coyote par exemple. À partir de cela, on sait combien de véhicules se situent sur certains tronçons et quelle est la vitesse moyenne. On peut alimenter le modèle et faire du prototypage. Tous les objets connectés permettent d'agrandir la couverture de données disponibles sur l'ensemble du réseau ce qui peut être plus intéressant lorsque l'on veut travailler au niveau micro, au niveau d'une commune par exemple. Une autre chose importe est le fait de récupérer des données, pour Vias, cela permet d'obtenir des données sur les habitudes de conduite des gens. Déjà savoir si les gens suivent les vitesses légales, de savoir si dans les virages l'ABS ou l'ESP s'activent si les conducteurs abordent la route de façon peut-être trop agressive. Que ce soit pour faire de la mobilité ou de l'accidentologie, de l'étude de comportement, ces données sont très importantes. Aujourd'hui, nous avons un système qui fonctionne très bien : le Viapass.

²⁷ Cette dernière est toujours confidentielle à l'heure de la rédaction de ce travail

Il s'agit d'une source de donnée inexploitée qui est le système de péage des camions. Ces positions que les camions fournissent permettent en outre de fournir le coût que le transporteur va devoir payer afin d'utiliser les infrastructures. Cependant, ces données sont agrégées sur des serveurs et extrêmement riches, car elles permettraient de calculer des temps de parcours, de savoir combien de camions et quels types sont présents sur certains tronçons de la route. Mais aujourd'hui, ces données ne sont pas exploitées. Alors que les gestionnaires d'autoroute ou Vias seraient très intéressés de les utiliser pour savoir calculer la maintenance des infrastructures (degrés d'usure par exemple). Savoir en temps réel où se trouvent les concentrations de camions pour se garer la nuit. Cela permet de mieux sécuriser les parkings. Un des effets pervers du Viapass est le shift vers les véhicules de ≤ 3.5 tonnes, mais malgré les avantages, elle laisse des effets négatifs (pas de tachygraphes, pas de limite de temps de repos, pas de recyclage pour les conducteurs, pas de formation). D'un point de vue européen, il n'y a pas de plan de tarification global. En Belgique, il y a le Viapass, en Allemagne, il y a un autre système, etc. Donc cela fait beaucoup de boîtiers différents et pas de norme européenne.

3. Quels sont les avantages ainsi que les inconvénients de l'implantation de cette technologie au sein des véhicules de transport ?

On sait localiser un véhicule et une personne, cela évoque des problèmes de gestion de la vie privée. D'autre part, tout le monde veut faire de l'IoT, mais les entreprises ne savent pas dans quoi investir. Il y a encore des problèmes dans les choix technologiques. Il y a donc une sorte de paradoxe où l'évolution des technologies est assez rapide et quand une entité publique doit investir dans quelque chose, ce n'est pas facile d'avoir une vision à long terme pour ce genre de choix. Par exemple, dans environ deux ans, la nouvelle technologie 5G sortira et si des nouveautés apparaissent sur le marché, les investissements que le secteur public aura faits seront peut-être tout simplement plus pertinents. Pour ceux qui pensent à long terme, il n'y a pas vraiment de roadmap pour ceux qui veulent suivre une idée à long terme. C'est peut-être pour cela aussi que du côté des constructeurs automobiles, nous pouvons retrouver certaines réticences d'installer certains systèmes en sachant que la durée de vie d'un véhicule est d'environ 10 ans et que l'on ne peut pas se dire qu'on va changer de technologie toutes les années. En Belgique, par exemple, Proximus a installé une infrastructure Lora, mais il n'y a qu'une seule entreprise qui est capable de développer un réseau au niveau national et donc on se retrouve prisonnier d'un opérateur. Selon Vias, la 5G serait en quelque sorte la solution universelle, car c'est une véritable avancée qui est faite pour durer un certain temps. Mais la

question est : qu'est-ce que l'on doit faire au jour d'aujourd'hui pour développer son infrastructure IoT.

4. Quand prévoyez-vous l'arrivée de camions connectés et pourvus de cette technologie ?
 - a. Qu'en est-il de la période d'adoption pour l'ensemble du marché ? Pourquoi ?

Aujourd'hui les camions sont déjà fortement connectés via des systèmes de track and trace, des systèmes de monitoring de température, pression et autres. Beaucoup ont déjà des applications de logistiques. En effet, ils arrivent à envoyer des documents à leur maison mère. On parle également de platooning.

- b. Envisagez-vous un système de livraison entièrement indépendant ? (Drones, véhicules autonomes) ?

Oui, et en quelque sorte, cela existe déjà. Lorsque nous regardons certains ports, il a des manutentions autonomes, sans conducteur. Dans des endroits protégés et de logistique « intense », il y a déjà des véhicules autonomes qui sont en train de fonctionner. Est-ce que cela va se passer dans les villes ? C'est un autre cadre de discussion. Il existe aussi des Shuttle autonomes en phase de test sur des sites privés qui pourront être utilisés sur des sites touristiques. Les constructeurs se disent prêts. Cependant, les résultats des tests renvoient qu'il y a toujours des erreurs. Les véhicules ne sont toujours pas homologués et le cadre réglementaire n'est pas encore prêt. Nous sommes dans un cadre beaucoup plus spécifique. Les véhicules feront entre 15 et 20km/h, qui sera utilisé principalement pour du transport de marchandises ou de personnes sur des voiries qui sont séparées et relativement isolées d'interactions avec d'autres utilisateurs. On peut imaginer que des systèmes opérationnels peuvent être mis en place déjà dans les prochaines années. Par exemple dans 2 ou 3 ans comme dans des sites touristiques, hôpitaux ou université. Mais nous ne sommes pas dans le cadre du véhicule sur la route ou du 44 tonnes qui pourra se déplacer de façon autonome.

- c. Quel serait l'impact de véhicules autonomes sur le marché du transport routier ?

Une personne dans un véhicule doit tout le temps être apte à reprendre le contrôle de son véhicule. À l'heure d'aujourd'hui, nous avons toujours les yeux sur la route, mais dans un véhicule avec un certain niveau d'automatisation, on est toujours censé garder les mains sur le volant. Ce que pas mal de personnes arrivent à ne plus faire, en mettant de petits poids sur le volant pour indiquer aux capteurs que l'on a les mains sur le volant. Par exemple sur la Tesla, on reçoit un avertissement. Le problème fondamental, c'est de se demander comment les gens vont rester compétents dans la maîtrise de leur véhicule dans le futur. On peut faire le parallèle avec les avions, par exemple le pilote doit intervenir durant l'atterrissage et le décollage. Entre les deux, il est en mode autonome. Il sera demandé au chauffeur du futur d'être en contact avec

beaucoup de nouvelles technologies et de reprendre le contrôle de leur véhicule alors qu'ils n'auront pas nécessairement la vue sur la route, car ils seront peut-être en train de lire un document. Mais lorsque leur véhicule leur demandera de reprendre le contrôle en cas d'incident, qu'est-ce que la personne devra faire pour se reconcentrer sur la route ? C'est un véritable problème et il faudra revoir leur système de formation et de comment on devra mettre à jour leurs connaissances. Est-ce que ce seront de véritables conducteurs ? oui, estime M. Gaillet, et il ajoute qu'il pense que l'on va leur en demander de plus en plus. Car, selon lui, il n'y a rien de pire de dire à un chauffeur qu'il peut faire quelque chose, mais qu'il doit à n'importe quel moment être capable de reprendre le contrôle de son véhicule. Cela peut durer de 5 à 10 secondes, mais ces secondes, sur l'autoroute, cela peut représenter des centaines de mètres. Donc, il y aura des exigences supplémentaires. Dans le cadre de la recherche, il y a de véritables questions sur ce que l'on va demander aux chauffeurs de demain. Le Code de la route belge est une dérivée de la convention de Vienne qui dit que le conducteur doit toujours être maître de son véhicule. Par exemple, aux USA, un tunnel a été envahi par de l'eau. Le système ne détecte pas la profondeur de l'eau. Pour lui, c'est une surface qui est continue et la seule chose qu'il pourrait faire c'est de détecter une différence de profil ou une substance qui n'est pas stable. Si on est à 80-90km/h et que le contrôle doit être repris, cela peut être dangereux. C'est pour cela qu'il faut faire la distinction entre la théorie et les gens de terrain. On peut tout à fait concevoir que le véhicule soit autonome sur certaines parcelles d'autoroute par exemple. Le constructeur peut diminuer le niveau d'automatisation lorsque l'on quitte cette parcelle par exemple. Il pense que nous aurons ce genre de modèle hybride dans le futur.

5. Si tous les groupes de transport venaient à tous se fournir en capteurs et autres utilisant l'internet of things, comment le marché se comporterait ?
 - a. Qui serait le plus avantageux et pourquoi ?

Ce ne serait pas nécessairement le plus gros qui serait avantageux, mais ce serait celui qui a mis une structure en place ou celui qui aurait des partenaires qui pourraient venir dépanner et qui pourraient aussi analyser les données. L'avantage compétitif peut venir de l'analyse des données qui seront récoltées. Par exemple, fin des années 90, c'était la mode de faire payer une assurance en fonction des comportements. Via des sortes de boîtes noires, l'assurance pouvait donner une prime plus avantageuse par rapport à certains comportements. Beaucoup de grosses entreprises françaises se sont mises à faire cela et après s'être arrêtées, car il se lançait dans un métier qui n'était pas le leur : la gestion de big data. Ils étaient capables d'analyser le risque par rapport au profil, mais n'étaient pas capables de d'installer une structure de bout à bout à partir du moment de la boîte noire jusqu'à ce que les données se retrouvent sur le serveur. Ils se sont

dit qu'ils n'étaient pas prêts. Donc, celui qui saura se différencier ne sera pas spécialement le plus gros, mais celui qui aura trouvé un avantage compétitif à retirer des données et qui aura trouvé les bons partenaires pour optimiser ces connaissances.

- b. Quelles seraient les nouvelles plus-values, USP à mettre en avant pour les entreprises de transport routier ?
Comment une petite entreprise de transport pourrait se différencier par rapport à ses plus grands concurrents ?

L'agilité. Des décisions rapides, des chaînes de formation rapides, des spécialisations (ADR, etc.)

6. Comment assurer la sécurité des données ainsi que des camions qui seraient potentiellement la cible de pirates informatiques ?

Les véhicules auront des systèmes de back-up et de fall back. C'est inévitable. Il y aura du Security by design ce qui fera que les données seront bien protégées dès le départ. Dès qu'il y aura une homologation, il y aura des tests contre des friendly hackers pour casser ce genre de protection. Mais personne ne prend cela à la légère, car un constructeur ne survivrait pas à ce genre de scandale, le marché ne l'accepterait pas. Dans le cadre du véhicule autonome, ils ont des armées d'informaticiens et de chercheurs.

7. On assiste à la naissance du platooning (groupement de véhicules par pelotons ou par convoi) ce qui permettrait au chauffeur à être occupé à d'autres tâches durant ce temps libéré. En quoi consisteraient ces tâches ?

On nous présente le platooning un peu comme le véhicule autonome, la solution universelle et que demain on aurait ce genre de véhicules sur nos routes. Cependant, Vias est beaucoup plus sceptique quant à cette adoption de la technologie (vers 2040). Il faut savoir que ce genre de système a fonctionné dans le port de Rotterdam sur de longues lignes droites. Ici en Belgique, ils ont été suivis et avec le nombre d'entrées et de sorties, il n'y a que très peu d'endroits où le truck platooning a pu fonctionner. De plus, tout ce qui est autonomisation, il y a encore énormément de problèmes technologiques. Cela ne pourrait fonctionner que dans certains environnements. Il faut que tout cela soit normalisé et homologué par les instances européenne et mondiale au niveau de Genève, un renouvellement de flotte (entre 10 et 15 ans pour les camions). On fait également la distinction entre le degré d'automatisation et le contexte (autoroutier, urbain, communal). Les plus optimistes avancent que ce genre de véhicules sera disponible à l'horizon 2030-2035. En ce qui concerne le platooning, ils ont prouvé que cela fonctionnait pour des véhicules d'une même marque, mais pas entre véhicules de plusieurs marques. En ce moment, des programmes de recherche européens sont en cours pour faire

l'étude du truck platooning entre véhicules de différentes marques. Quand ils auront défini les systèmes, il faudra normaliser et ensuite prévoir le cadre réglementaire. Dans ce dernier, cela durera sûrement une dizaine d'années.

8. Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?
 - a. Si, dans le futur, les véhicules au gaz/électriques sont les seuls à pouvoir entrer dans les LEZ, quel serait le nouveau plan de transport ?

Les LEZ arrivent un peu partout. Dans le futur, les 44 tonnes polluants ne pourront plus rentrer dans les villes. En ce qui concerne les carburants, Vias pense qu'il y aura un mix d'alternatives (électrique, hydrogène). Toute la chaîne de production deviendra de plus en plus propre et les constructeurs n'ont pas oublié l'hydrogène. Les motorisations hybrides arrivent de plus en plus et le full électrique est, selon lui, une utopie. Le tout électrique n'est pas viable, il n'y aura pas moyen de répondre à toute la demande. Il va y avoir d'autres types d'énergie complémentaire. Il y a aussi une question de protéger l'industrie Européenne, car la majeure partie des matières premières proviennent de Chine.

8.11.7 Interview de Damien Schils General Manager chez Magetra Transport – 27 juillet 2018

1. *Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?*

Oui, car actuellement dans l'entreprise, il y a des ordinateurs de bord sur tous les véhicules qui permettent de fournir des informations les missions, le suivi des activités et des livraisons qui sont disponibles pour les clients. Ces derniers peuvent connaître la position du tracteur en ligne.

Cela permet de faire le suivi des dégâts par exemple, il y a également un scan des CMR qui est possible dans les camions, même si cela ne marche pas très bien, car c'est fort technique. Il y a trop de problèmes dans ce genre de scanner. Cependant, la technologie permet d'améliorer les coûts, car on gagne du temps sur pas mal de tâches administratives. Pour le suivi des activités, cela permet de gagner du temps au niveau de la planification auprès des clients. Il y a également une application de rail route qui est disponible, ce qui permet de gérer des caisses dans le multimodal. Un système de puce a été proposé, un système Sigfox mais il n'y a pas encore eu le temps d'examiner les projets.

Dans la technologie actuelle, on sait que si l'on investit dans une technologie, 5 ans après, il y a quelque chose de nouveau. Mais avec ce genre de réflexion, on ne prend jamais de décision. C'est pourquoi il faut investir quand le besoin se fait ressentir. Il faut se poser la question de déterminer si le jeu en vaut la chandelle. Mais cela prend de temps d'évaluer si la technique fonctionne bien, s'il n'y a pas de bug informatique. Dans le monde de demain, on sait qu'il y aura des produits informatiques qui permettront de prendre des décisions plus rapidement.

De plus, sur certains véhicules, il y a un système d'alerte gazole, qui permet de mesurer de façon permanente la consommation et il y a une alerte contre le vol. on détecte aussi si un véhicule tourne sans aucune raison afin de diminuer la consommation inutile sans toutefois oublier la formation qui est d'une grande importance.

- a. *Quel serait l'impact de véhicules autonomes sur le marché du transport routier ? Est-ce envisageable dans le secteur du transport ?*
 - i. *Que deviendraient les chauffeurs ?*

Il restera toujours présent au chargement et au déchargement, il restera toujours l'interface avec l'entreprise. Il sera l'ambassadeur de la livraison auprès du client. On demande, de nos jours, de plus en plus de tâches administratives aux chauffeurs (suivi, remplir des données). Il restera indispensable dans l'entreprise, mais il aura un rôle différent. Et il ne pense pas que demain, il

n'y aura plus de chauffeur. Peut-être sur certaines parties d'autoroutes ou certains réseaux ce sera le cas.

2. *Quels seraient les retours sur investissements d'une telle mise en œuvre ? Quels seraient les impacts sur la demande ? Pourquoi ?*

Il y aura des retours qui n'ont cependant pas été chiffrés, mais on ne peut plus imaginer faire sans. On devrait plutôt parler de gains administratifs. Qu'est-ce que l'on devrait faire sans, car on travaille dans un marché où les marges sont très faibles. De plus, sur certains véhicules, il y a un système d'alerte gasoil, qui permet de mesurer de façon permanente la consommation et il y a une alerte contre le vol. on détecte aussi si un véhicule tourne sans aucune raison afin de diminuer la consommation inutile. Car les chauffeurs et le carburant, dans une entreprise de transport représente jusqu'à 70-75% du coût total et c'est très difficile d'agir sur le coût des chauffeurs, mais les consommations il y a toujours moyen de travailler dessus.

3. *Quels sont les obstacles quant à l'adoption de véhicules dotés de technologies liées à l'internet of things ? (Point de vue légal, vie privée, protection des données RGDP)*

Toutes ces réglementations sont intéressantes, car elles permettent de donner une norme dans l'entreprise. Cependant, d'un point de vue administratif, l'état rend ces dernières très lourdes, complexes et coûteuses. Dans certaines PME, ce sont des charges qui sont vraiment importantes. Il faudrait une taille critique pour avoir moyen de s'adapter à ce genre de réglementations.

4. *Quels seraient les impacts principaux de cette technologie ? (Environnementaux ? Sur les travailleurs ? Sur les fournisseurs/clients)*

Par rapport à la vie privée, on met déjà des caméras partout pour la protection des biens et bientôt on le demandera très certainement pour la protection des personnes. On demande de la transparence, mais on demande de respecter la vie privée des personnes. Ils ont clairement perdu une partie de leur indépendance. Cela freine la liberté de chacun. Cela a des opportunités, mais également des défauts. Il faut savoir que le monde du transport routier est un milieu à faible marge et assez traditionnel. C'est pour cela qu'il y a une certaine prudence à l'investissement, mais cela devrait changer dans les années à venir. Le marché devient de plus en plus porteur depuis deux ans. Il y a une tendance dans l'industrie de vouloir consolider ses capacités tant bien au niveau des véhicules qu'au niveau des chauffeurs, car ces derniers se font rares sur le marché. Les chauffeurs devront accepter les conditions de travail quant à la vie privée.

5. *Si tous les groupes de transport venaient à tous se fournir en capteurs et autres utilisant l'internet of things, comment le marché se comporterait ?*

a. Qui serait le plus avantagé et pourquoi ?

Ce sera très certainement les leaders du marché, mais cela poussera la concurrence à évoluer. En effet, si un client est habitué à un certain niveau de service, il ne voudra pas avoir moins chez un autre transporteur. On devient incontournable envers son client en apportant beaucoup de valeur ajoutée.

b. Comment une petite entreprise de transport pourrait se différencier par rapport à ses plus grands concurrents ?

Il reste toujours l'aspect humain et confiance qui reste fondamental pour les entreprises. Donc même avec un retard technologique, un plus petit peut toujours se démarquer de ses concurrents, mais il doit toujours rester ouvert au changement

6. Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?

L'information avec le client est de plus transparente, le client demande de plus en plus d'information et il faut pouvoir la fournir. Dans le monde de demain, ce sera très certainement pire. Il y a une notion d'information à maîtriser pour la partager. La relation avec le client prendra de plus en plus d'importance tout comme la visibilité pour aider la partie opérationnelle et avoir une meilleure vue d'ensemble. Les nouveaux véhicules qui seront achetés disposeront de toujours plus d'aides à la conduite. Toute une analyse de la façon de conduire est faite en permanence pour diminuer la consommation. Tout ce travail d'analyse est au niveau de la conduite. Est-ce qu'un véhicule sans chauffeur évoluera ? Oui très certainement, mais le chauffeur sera toujours présent. Surement sur certaines parcelles de route, si l'automatisation le permet, il aura également un travail plus administratif que maintenant.

8.11.8 Interview de Mathieu Strale – 24 mai 2018

1. Considérez-vous l'internet of things (IoT) comme étant un sujet important dans le domaine du transport routier ?
 - a. Est-ce que vous suivez ce sujet avec attention ? Recherches éventuelles ?

En tant que géographe, il s'est principalement intéressé à la géographie des flux, à la géographie de l'entreposage dans le but de reconstituer les chaînes logistiques. Et donc toutes les questions liées aux Big datas sont interprétées essentiellement sous l'angle de la taxe kilométrique car c'est la production de données spcialisées qui peuvent aider à mieux comprendre la structuration des chaînes logistiques, la géographie des flux, la façon dont ces flux circulent en Europe et en Belgique. Donc l'IoT a été un sujet abordé pour tout ce qui touche aux conditions de travail.

2. Dans quelles mesures l'internet of things pourrait changer le monde du transport routier de demain ?
 - a. Quid de la Wallonie ? Belgique ? Europe ?

On peut imaginer qu'elle puisse être utile à un meilleur remplissage des camions, on voit aussi que cela donne la possibilité aux autorités de mieux réguler et de mieux prendre en compte le transport de marchandises dans le cadre de leur politique. Cela permet donc de disposer d'argument pour l'administration de la mobilité pour expliquer les besoins en espace logistique dans les centres-villes, expliquer que les fenêtres d'accès horaires ne correspondent pas nécessairement à la façon dont s'organisent dès à présent les flux. Montrer qu'ils sont importants et ne pas les sous-estimer. Cela permet de mettre certains a priori de côté tout en apportant des données chiffrées qui servent à appuyer l'argumentaire. Il y a plusieurs évolutions possibles. Par exemple avec la taxe kilométrique, on peut observer un report des flux qui sont sous la norme (des camionnettes par exemple). A contrario, en imaginant que ce suivi des marchandises s'étende à ces véhicules plus légers d'avoir une meilleure visibilité sur ces flux. Cela pourrait éviter une bonne partie de concurrence déloyale. Collecter des informations sur les flux de marchandises apportera des informations dans un secteur où on en a très peu. Cela pourrait permettre d'effectuer une modulation de la taxe.

3. Quels seraient les impacts principaux de cette technologie ? (Environnementaux ? Sur les travailleurs ? Sur les fournisseurs/clients)

En ayant plus d'informations sur ces flux, est-ce que cela permettrait de mieux les gérer sur le plan industriel et réglementaire en essayant de les regrouper. Soyons utopiques, imaginons que ces données sur les flux de poids lourds tendent à correspondre à des standards européens. On pourrait imaginer que voyant les flux de véhicules internationaux, à terme aboutissent une

règlementation qui pourrait dire que sur les routes où il y a + de x camions par jour qui font exactement le même trajet, soit une impose une taxe pour induire un transfert modal ou on impose le report modal. Il y a plusieurs manières d'utiliser ces données, mais qui impliquent des choix politiques.

4. Comment voyez-vous le futur du monde du transport routier à court moyen et long terme ? En Wallonie, Belgique, Europe ?
 - a. Si, dans le futur, les véhicules au gaz/électriques sont les seuls à pouvoir entrer dans les LEZ, quel serait le nouveau plan de transport ?

On pourrait imaginer que cela permette cela, que cela permette de rerouter les véhicules par rapport aux pics de pollution, de réguler la circulation par rapport à la congestion (par exemple, proposer que le chauffeur prenne sa pause à tel moment pour maximiser les flux). On peut imaginer à terme que l'IoT ne soit pas juste de la collecte de données, mais également des services qui pourraient être fournis aux entreprises de transport. Mais pour l'instant, nous n'en sommes qu'à la première étape. Nous sommes en train de voir ces données et ce qu'elles contiennent.

Bibliographie

- Accenture. (2012). *Le cadre juridique pour l'Internet des objets*. Consulté le août 5, 2018, sur My D-Business: <http://myd-business-accenture.com/internet-des-objets/>
- Agrawal, S., & Viera, D. (2013, mai). A survey on Internet of Things., *1*, pp. 78-95.
- Alaba, F. A., Alotaibi, F., Hashem, I. A., & Othman, M. (2017, avril 7). Internet of Things security: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, *88*, pp. 10-28. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2017.04.002>
- Alonso, J., Garcia, R., Godoy, J., Gonzalez, C., Milanés, V., Onieva, E., . . . Villagra, J. (2011, février). Traffic Light Intelligent Regulation Using Infrastructure Located Sensors. *Computer Aided System Theory - EUROCAST 2011*, pp. 398-403. doi:10.1007/978-3-642-27579-1
- Al-Sakran, H. O. (2015). Intelligent Traffic Information System Based on Integration of Internet of Things and Agent Technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *6*(2), pp. 37-43.
- Amoretti, M., Busanelli, S., Ferrari, G., Picone, M., & Zanichelli, F. (2014, août 31). Advance Technologies For Intelligent Transportation Systems. *Intelligent Systems Reference Library*, *139*, pp. 1-19. doi:10.1007/978-3-319-10668-7
- Arnold, A. (2018, mai 26). *How The Internet Of Things Impacts Supply Chain*. Récupéré sur Forbes: <https://www.forbes.com/sites/andrewarnold/2018/05/26/how-the-internet-of-things-impacts-supply-chain/#234accfd39b7>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010, juin). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, pp. 2787-2805. doi:10.1016/j.comnet.2010.05.010
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011, mai). Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization. *Wireless Personal Communications*, *58*(1), pp. 49-69. doi:DOI 10.1007/s11277-011-0288-5
- Brinkmann, S. (2014). Interview. *Teo T. (eds) Encyclopedia of Critical Psychology*, pp. 1008-1009. doi:10.1007/978-1-4614-5583-7

- Burns, L. D. (2013, mai 08). Sustainable mobility: A vision of our transport future. *Nature*(497), pp. 181-182. doi:<https://www.nature.com/articles/497181a>
- Burns, L. D., Borroni-Bird, C. E., & Mitchell, W. J. (2010). Reinventing the Automobile. *Personal Mobility for the 21st Century*.
- Buyya, R., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013, septembre). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), pp. 1645-1660. doi:<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Coëffé, T. (2017, avril 13). *Chiffres Internet – 2017*. Consulté le juillet 20, 2018, sur Blog du modérateur: <https://www.blogdumoderateur.com/chiffres-internet/>
- Coen-Parisini, A., Grieco, L., Rizzardi, A., & Sicari, S. (2015, juillet 15). Security, privacy and trust in Internet of Things: The road ahead. *Computer Networks*, 76, pp. 146-164. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2014.11.008>
- Columbus, L. (2017, janvier 29). *Internet Of Things Market To Reach \$267B By 2020*. Récupéré sur Forbes: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2017/01/29/internet-of-things-market-to-reach-267b-by-2020/#115802d9609b>
- Cordier, V. (2018, juillet-août). Comment envisage-t-on l'avenir chez Mercedes-Benz. *Transpo*, pp. 46-47.
- Cordier, V. (2018, avril). La Wallonie présente son plan stratégique ITS. Dans Febetra. Bruxelles.
- CostOwl. (2018). *How Much Does a New Semi Truck Cost?* Récupéré sur costowl: <http://www.costowl.com/automotive/auto-semi-truck-new-cost.html>
- Dablanc, L. (2017, avril). Logistique et transport de marchandises dans les grandes métropoles. (A. économiques, Éd.) *L'Economie politique*(76), pp. 50-60. doi:10.3917/leco.076.0050
- Daws, R. (2018, mai 08). *Volvo's trucks and cars will communicate to improve safety*. Récupéré sur IoT News: <https://www.iotechnews.com/news/2018/may/08/volvo-trucks-cars-improve-safety/>

- Dorsey, J. (2013, novembre 19). *Big Data in the Driver's Seat of Connected Car Technological Advances*. Récupéré sur IHS: <https://news.ihsmarket.com/press-release/country-industry-forecasting/big-data-drivers-seat-connected-car-technological-advance>
- Dumez, H. (2011, été). Faire une revue de littérature : pourquoi et comment ? *Le Libellio d'Aegis*, 7(2), pp. 15-27. Récupéré sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00657381/document>
- Durand, D., Moh, A. N., Zanfack, D. R., & Fortin, J. (2014). Internet des objets et interopérabilité des flux logistiques : perspectives. *UBIMOB 2014*, (p. 9).
- Eurostat. (2018, mars 15). *Households - level of internet access*. Récupéré sur Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tin00134&plugin=1>
- Evans, D. (2011, avril). *The Internet of Things - How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything*. Récupéré sur CISCO IBSG: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
- FEBIAC & TLV. (2018). *Accueil | We are transport*. Récupéré sur We are transport: <https://www.wearetransport.be/fr>
- FEBIAC a.s.b.l. (2018). *Datadigest 2018*. Récupéré sur Fédération belge et luxembourgeoise de l'automobile et du cycle: <https://www.febiac.be/public/statistics.aspx?FID=23&lang=FR>
- Forbes. (2018, juin 14). *6 Ways The Internet Of Things Is Improving The Quality Of Urban Life*. Récupéré sur Forbes: <https://www.forbes.com/sites/insights-inteliot/2018/06/14/6-ways-the-internet-of-things-is-improving-the-quality-of-urban-life/#1fdea7ae3a03>
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2008). *The Elements of Statistical Learning : Data Mining, Inference, and Prediction*. Stanford, California: Springer.
- Friess, P., Guillemin, P., Sundmaeker, H., & Woelfflé, S. (2010, mars). *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*. (E. Commission, Éd.) Bruxelles, Belgique: Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:doi:10.2759/26127

- Gardiner, J. (2017, août 10). *The rise of electric cars could leave us with a big battery waste problem*. Récupéré sur The Guardian: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/10/electric-cars-big-battery-waste-problem-lithium-recycling>
- Gartner, Inc. (2014, août 11). *Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business*. Récupéré sur Gartner: https://www.gartner.com/newsroom/id/2819918?_ga=1.51071721.1904172021.1401730474
- Global Agenda Council on Social Media. (2016, janvier). *The Impact of Digital Content: Opportunities and Risks of Creating and Sharing Information Online*. Consulté le juillet 30, 2018, sur World Economic Forum: http://www3.weforum.org/docs/GAC16/Social_Media_Impact_Digital.pdf
- Hache, E. (2017, mars). Ponts, ports, routes et transports intelligents : quelles infrastructures dans le monde de demain ? (A. Colin, Éd.) *Revue internationale et stratégique*(107), pp. 165-173. doi:10.3917/ris.107.0165
- IBM Journal. (2018). *5 Functional Requirements of an IoT Platform*. Récupéré sur IBM Journal: <https://www.ibmjournal.com/internet-of-things/5-functional-requirements-of-an-iot-platform>
- Ilic, A., Staake, T., & Fleisch, E. (2009, mars). Using Sensor Information to Reduce the Carbon Footprint of Perishable Goods. *IEEE Pervasive Computing*, 8(1), pp. 22-29. doi:10.1109/MPRV.2009.20
- International Data Corporation. (2018). *Connecting the IoT : The road to success*. Récupéré sur IDC: <https://www.idc.com/infographics/IoT>
- International Telecommunication Union. (2014, mai 23). *Y.2060 : Overview of the Internet of things*. Récupéré sur Y.2060 : Overview of the Internet of things: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-F&type=items
- Internet World Stats. (2018, juin 2). *INTERNET USAGE STATISTICS - The Internet Big Picture*. Récupéré sur Internet World Stats: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>

- Jing, Q., Lu, J., Qiu, D., Vasilakos, A. V., & Wan, J. (2014, juin 17). Security of the Internet of Things : perspectives and challenges. *Wireless Networks*, 20(8), pp. 2481-2501. doi:10.1007/s11276-014-0761-7
- Krisnan, G. V., Rajkumar, M. V., & UmaKirthika, D. (2017, mai). Role of Internet of Things in Smart Passenger Cars. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 6(5), pp. 21410-21417. doi:10.18535/ijecs/v6i5.37
- Larousse. (2018). *interopérabilité*. Récupéré sur Larousse: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/interop%C3%A9rabilit%C3%A9/43787>
- Le Parisien. (2016, avril 14). *20 dates qui ont changé la voiture*. Récupéré sur <http://www.leparisien.fr/20-dates-qui-ont-change-la-voiture-14-04-2016-5712675.php>
- Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for entreprises. *Business Horizons*, 58(4), pp. 431 - 440. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>
- Logistics in Wallonia. (2018). *Qui sommes-nous?* . Récupéré sur Logistics in Wallonia: <http://www.logisticsinwallonia.be/>
- Madakam, S., R.Ramaswamy, & Tripathi, S. (2015, mai). Internet of Things (IoT): A Literature. *Journal of Computer and Communications*(3), 164-173. doi:<http://dx.doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Matousek, M. (2018, mars 8). *Tesla is about to make its first delivery with its all-electric Semi*. Récupéré sur Business Insider: <http://www.businessinsider.fr/us/tesla-semi-to-make-first-cargo-delivery-2018-3>
- Mattern, F., & Floerkemeier, C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. (K. Sachs, I. Petrov, & P. (. Guerrero, Éd.s.) *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*, pp. 242 - 259. doi:10.1007/978-3-642-17226-7
- Meredith-Hardy, C. (2012, février 27). *GSMA ANNOUNCES THE BUSINESS IMPACT OF CONNECTED DEVICES COULD BE WORTH US\$4.5 TRILLION IN 2020*. Récupéré sur GSMA: <https://www.gsma.com/newsroom/press-release/gsma-announces-the-business-impact-of-connected-devices-could-be-worth-us4-5-trillion-in-2020/>

- Oxford dictionaries. (2018). *Internet of things*. Récupéré sur Internet of Things | Definition of Internet of Things in US English by Oxford Dictionaries: https://en.oxforddictionaries.com/definition/us/Internet_of_things
- Patel, K. K., & Patel, S. (2016, mai). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6(5), pp. 6123 - 6131. doi:DOI 10.4010/2016.1482
- Project Management Institute. (2018). *What is Project Management?* Récupéré sur PMI - Project Management Institute: <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/what-is-project-management>
- Razzak, F. (2012, août 9). Spamming the Internet of Things: A Possibility and its probable Solution. *Procedia Computer Science*, pp. 658-665.
- Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015, octobre). *The Internet of Things: An Overview - Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World*. Récupéré sur Internet Society: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>
- SAS Institute Inc. (2011). *Applied Analytics Using SAS Enterprise Miner*. Cary, Caroline du Nord, USA.
- SAS Institute Inc. (2017). *Summary: Introduction to Predictive Modeling Using SAS Enterprise Miner*. Cary, Caroline du nord, USA. Consulté le avril 15, 2018, sur https://vle.sas.com/pluginfile.php/33236/mod_scorm/content/16/
- Singh, S. (2016, novembre 30). *The Future Of Commercial Vehicles: An All-In-One Connected Truck Platform*. Récupéré sur Forbes: <https://www.forbes.com/sites/sarwantsingh/2016/11/30/the-future-of-commercial-vehicles-an-all-in-one-connected-truck-platform/>
- Song, Z., Lazarescu, M. T., Tomasi, R., Lavagno, L., & Spirito, M. A. (2014). High-Level Internet of Things Applications Development Using Wireless Sensor Networks. *Internet of Things*, 9. doi:10.1007/978-3-319-04223-7_4

- Straub, J. (2017, novembre 2). *On-board computers and sensors could stop the next car-based attac*. Récupéré sur The Conversation: <http://theconversation.com/on-board-computers-and-sensors-could-stop-the-next-car-based-attack-86088>
- Toll Collect GmbH. (2018). *Le péage poids lourds allemand*. Récupéré sur Toll Collect: <https://www.toll-collect.de/fr>
- Toute l'Europe.eu. (2017, décembre 6). *L'accès Internet des Européens à leur domicile*. Récupéré sur Toute l'Europe.eu: <https://www.touteurope.eu/actualite/l-acces-internet-des-europeens-a-leur-domicile.html>
- ULB. (2018). *IGEAT: M. STRALE Mathieu*. Récupéré sur ULB IGEAT: <http://igeat.ulb.ac.be/fr/equipe/details/person/mathieu-strale/>
- Union Internationale des télécommunications. (2012, juin). *Y.2060 : Présentation générale de l'Internet des objets*. Récupéré sur Union Internationale des télécommunications: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I/fr>
- Viapass. (2016). *Sur la voie d'une meilleure mobilité*. Récupéré sur Viapass: <http://www.viapass.be/fr/>
- World Economic Forum. (2014). *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*. Récupéré sur World Economic Forum: <http://reports.weforum.org/industrial-internet-of-things/general-findings/2-4-major-challenges-and-risks/>
- Xie, X.-F. (2018). *Key Applications of the Smart IoT to Transform Transportation Systems*. WIOMAX. Récupéré sur <http://www.wiomax.com/doc/report/WIO-TR-18-001.pdf>

Table des matières

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE	II
LEXIQUE ET LISTE DES ABRÉVIATIONS	IV
INTRODUCTION	1
1 MISE EN CONTEXTE ET DÉFINITION DE L'INTERNET DES OBJETS	2
1.1 REMISE EN CONTEXTE	2
1.2 LES OBJETS PHYSIQUES ET VIRTUELS	2
1.3 QUELQUES CHIFFRES.....	2
1.4 DÉFINITION ET ORIGINE DE L'INTERNET DES OBJETS	4
1.5 TECHNOLOGIES ET INFRASTRUCTURES UTILISÉES	5
1.6 CLASSIFICATION DES OBJETS/CHOSES	7
1.7 CARACTÉRISTIQUES FONDAMENTALES DE L'INTERNET DES OBJETS.....	9
2 MÉTHODOLOGIE DE CE MÉMOIRE	11
2.1 REVUE DE LITTÉRATURE ET INTERVIEWS	11
2.2 ENQUÊTE « WE ARE TRANSPORT ».....	12
3 LES IMPACTS DE LA TECHNOLOGIE DANS LE DOMAINE DE LA LOGISTIQUE ET DU TRANSPORT ROUTIER	
13	
3.1 APPLICATIONS SPÉCIFIQUES LIÉES À LA LOGISTIQUE ET AU TRANSPORT ROUTIER	14
3.1.1 <i>Automobile et gestion de flotte</i>	14
3.1.2 <i>Services d'urgence</i>	15
3.1.3 <i>Gestion du trafic</i>	15
3.1.4 <i>Les infrastructures intelligentes</i>	17
3.1.5 <i>Logistique et supply chain</i>	18
3.2 QUELS SONT LES CHALLENGES DE L'IOT ?.....	20
3.2.1 <i>La sécurité</i>	20
3.2.2 <i>La vie privée</i>	23
3.2.3 <i>L'interopérabilité</i>	24
3.2.4 <i>La partie légale</i>	26
3.3 QUELS SERONT LES IMPACTS DE L'IOT DANS LE MONDE ROUTIER DE DEMAIN ?.....	27
3.3.1 <i>Quelles seront les infrastructures de demain ?</i>	28
3.4 LES VÉHICULES DE DEMAIN	32
3.4.1 <i>Les véhicules connectés</i>	33
3.4.2 <i>Les véhicules coordonnés</i>	33
3.4.3 <i>Les véhicules partagés</i>	34

3.4.4	<i>Les véhicules électriques</i>	34
3.4.5	<i>Avis des experts</i>	35
4	ENQUÊTE AUPRÈS DES PROFESSIONNELS	37
4.1	BUT DE L'ENQUÊTE.....	37
4.2	MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ENQUÊTE ET DE SON ANALYSE	37
4.2.1	<i>Pourquoi une enquête durant l'évènement We Are Transport ?</i>	37
4.2.2	<i>Conception du questionnaire</i>	38
4.2.3	<i>Récolte et analyse des données</i>	39
4.3	REPRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON SONDÉ	43
4.4	QUESTIONS DE RECHERCHE	45
5	ANALYSE DES RÉSULTATS	47
5.1	LE NIVEAU DE CONNAISSANCE DU CONCEPT	47
5.2	L'OPINION GÉNÉRALE.....	48
5.3	UTILISATION DES OUTILS TECHNOLOGIQUES.....	49
5.3.1	<i>Le monitoring</i>	50
5.3.2	<i>Le contrôle</i>	50
5.3.3	<i>L'optimisation</i>	50
5.3.4	<i>Le fonctionnement autonome</i>	50
5.3.5	<i>L'autonomie du système</i>	51
5.4	LES FREINS DE LA TRANSITION VERS L'INTERNET DES OBJETS	52
5.5	L'INTÉRÊT PRINCIPAL DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES	52
5.6	L'IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES ET DES CAPTEURS	53
5.7	LA VOLONTÉ À PAYER DES ENTREPRISES	55
5.8	L'ORGANISATION DES TRANSPORTS.....	55
5.8.1	<i>Propriété des véhicules utilisés</i>	56
5.8.2	<i>Types de véhicules utilisés</i>	57
5.8.3	<i>L'achat de nouveaux véhicules</i>	58
5.8.4	<i>La volonté à payer en valeur</i>	60
5.9	LA VOLONTÉ À PAYER EN POURCENTAGE	61
5.9.1	<i>Comparaison des données récoltées</i>	62
6	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	64
7	GESTION DE PROJET	67
7.1	PRÉLUDE.....	67
7.2	MÉTHODOLOGIE.....	67
7.3	LES ÉTAPES PRINCIPALES.....	67
7.3.1	<i>L'amorçage du projet</i>	67

7.3.2	<i>Le périmètre du projet</i>	67
7.3.3	<i>L'exécution</i>	68
7.3.4	<i>La surveillance et le contrôle</i>	68
7.3.5	<i>La clôture du projet</i>	68
7.4	LES POINTS D'ATTENTIONS	69
7.4.1	<i>La gestion du temps</i>	69
7.4.2	<i>La gestion des coûts</i>	69
7.4.3	<i>La gestion des risques et communication</i>	69
CONCLUSION		70
8	ANNEXES	I
8.1	ANNEXE 1 : STATISTIQUES D'USAGE D'INTERNET	I
8.2	ANNEXE 2 : NOUVELLE DIMENSION APPORTÉE PAR L'IOT	II
8.3	ANNEXE 3 : TABLEAU DES CLASSIFICATIONS DES DOMAINES DES OBJETS	III
8.4	ANNEXE 4 : QUELS SONT LES FREINS ÉVENTUELS À LA TRANSITION VERS L'IOT ?	IV
8.5	ANNEXE 5 : LE NIVEAU DE COMPRÉHENSION DU CONCEPT.....	V
8.6	ANNEXE 6 : L'IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES ET DES CAPTEURS.....	VI
8.7	ANNEXE 7 : L'INTÉRÊT PRINCIPAL DES TECHNOLOGIES	VII
8.8	ANNEXE 8 : OPINION DES RÉPONDANTS	VIII
8.9	ANNEXE 9 : PROPRIÉTÉ DES VÉHICULES	IX
8.10	ANNEXE 10 : ANALYSE DES INTENTIONS D'ACHAT ET DE LA FLOTTE ACTUELLE	X
8.11	ANNEXE 11 : INTERVIEW	XI
8.11.1	<i>Questionnaire destiné aux experts : guide d'entretien</i>	XI
8.11.2	<i>Interview de Mario Cools – 18 mai 2018</i>	XIII
8.11.3	<i>Interview de Bernard Piette – 25 mai 2018</i>	XIX
8.11.4	<i>Interview de Charlotte De Broux – Bruxelles mobilité – 25 mai 2018</i>	XXIV
8.11.5	<i>Interview Bernard Paci – 2 août 2018</i>	XXVIII
8.11.6	<i>Interview Jean-François Gaillet – 31 mai 2018</i>	XXX
8.11.7	<i>Interview de Damien Schils General Manager chez Magetra Transport – 27 juillet 2018</i> ..	XXXVI
8.11.8	<i>Interview de Mathieu Strale – 24 mai 2018</i>	XXXIX
BIBLIOGRAPHIE		XLI
EXECUTIVE SUMMARY		LI

Executive Summary

In a world where technology is the key of the future, the Internet of things is bringing some new opportunities and challenges to markets and especially in the transportation sector. Autonomous vehicles, smart mobility, smart infrastructure and similar revolutionary technologies have become some particular famous topics these last years. They are no longer linked to novels and science fiction, but are real contemporary issues. This paper aims at discovering the impacts of such a buzzword in the world of the logistics and especially in the road transport sector.

Throughout some face to face interviews with field's experts and a literature review, we have illustrated and demonstrated that the IoT is a very challenging technology which leads to several opportunities in the transportation sector. Through connected, autonomous, shared or electrical vehicles, companies, researchers and universities have acknowledged the importance of future technological investments in order to bring some new sources of income or cost reduction. As a matter of facts, the Internet of Things can bring some new features to the vehicles, such as electronic fuel management via some sensors, new safety applications, fleet management systems, platooning systems. These applications can also be extended to more end-to-end visibility or new applications linked to warehouse management systems, that can provide a better transparency simultaneously with a whole review of the supply chain optimization. However, some major challenges associated with security, the private life, interoperability or with the legal aspect will have to be faced. Electric vehicles will also have to cope with the limited resources and to the recycling challenge, while leaving some space to other new fuels that could help to deal with the increase in greenhouse gas emissions.

A survey has been carried out in order to gather some information about the IoT awareness, its general opinion, the different actual and future technological utilizations in the surveyed businesses or their willingness to pay for the IoT technology. This investigation targeted professionals in the transportation industry who took part in the Brussels Expo event: "We Are Transport" the last 1st, 2nd and 3rd of June 2018.

To summarize our work, this thesis has as a purpose to highlight and to increase the knowledge around the IoT, its impacts, its challenges and also its opportunities with a main focus around the transportation sector.