



Année universitaire 2019-2020

Licence pro

« Métiers des Réseaux Informatiques & des Télécommunications »

Parcours « Internet des Objets »

Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du grade de licence

Le développement de l'Internet des Objets : quel impact sur le secteur automobile ?

Présenté par **Luc Pascual**

Numéro d'étudiant : **1109001197j**

Sous la direction de **Sébastien Druon**, enseignant au département R&T

Mémoire de fin d'année à l'IUT de Béziers

2. l'Internet des Objets

2.1 : Définition et concept

2.2 : Son architecture

2.3 : Les défis à relever

2.3.1 : L'interopérabilité

2.3.2 : Sécurité et confidentialité

2.3.3 : Gestion du Big Data

2.3.4 : L'enjeu énergétique

3. Au cœur du secteur automobile

3.1 : La quatrième révolution industrielle

3.1.1 : Définition et concept

3.1.2 : IoT et production industrielle

3.1.3 : Qu'en est-il de la main d'œuvre ?

3.2 : l'Emergence des véhicules connectés

3.2.1 : Principe

3.2.3 : Pour répondre à quels besoins ?

3.2.2 : Architecture

3.3 : De nouveaux moyens de communications

3.2.1. : Du véhicule à l'utilisateur

3.2.2. : Entre véhicules

3.2.3 : Du véhicule à l'infrastructure réseau

3.3 : Les enjeux

3.3.1 : Assurer la sécurité du conducteur

3.3.1 : Sa collaboration avec l'intelligence artificielle

3.3.2 : Son interaction au sein de la Smart City

4. Conception d'un système embarqué en cas d'infarctus

4.1. Principe

4.2. Fonctionnement

4.3. Sécurité

4.4. Coût

1. Introduction :

Nous vivons dans une ère qui se veut de plus en plus connectée, les communications que nous connaissons font désormais preuve de beaucoup plus d'autonomie, facilitant ainsi la tâche de l'Homme dans son quotidien. Des objets de tout type tels que des capteurs, des véhicules ou même des villes peuvent dorénavant bénéficier d'une connexion à Internet ; la technologie qui se cache derrière cette interconnexion de masse est surnommée l'Internet des Objets (IoT).

Cela fait maintenant une dizaine d'années que l'IoT (terme inventé pour la première fois en 1999 par l'entrepreneur britannique Kévin Ashton) rencontre un essor considérable, et particulièrement au cours de ces dernières années, comme le montre la Figure 1.

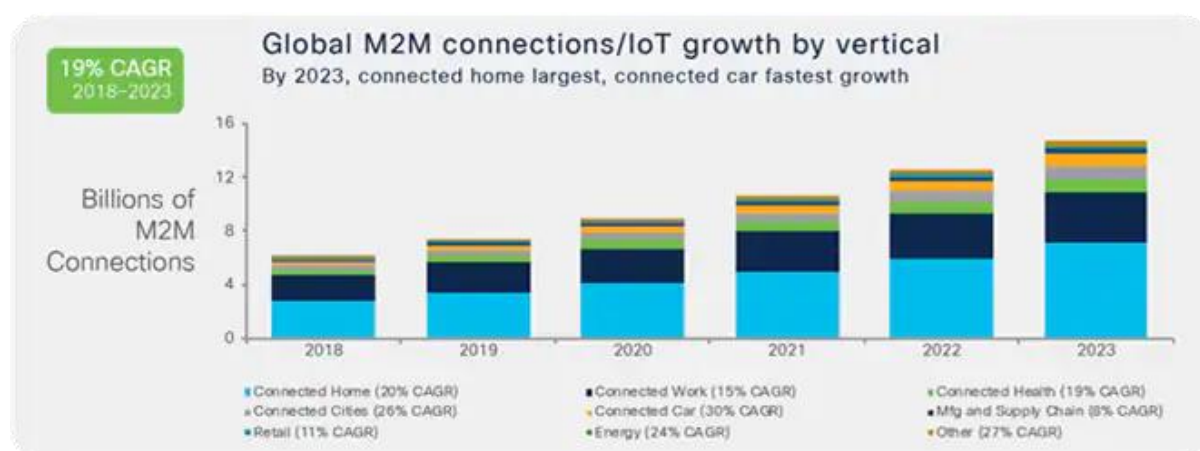


Figure 1 : Cisco Annual Internet Report, 2019

Bien que son emprise s'étende dans différents domaines tels que la santé ou le bâtiment intelligent, nous avons choisi dans ce mémoire de nous pencher sur le secteur automobile, qui laisse de plus en plus place à la numérisation, afin de donner naissance à un nouveau type de transport dit intelligent et connecté.

En effet, le marché global des voitures connectées est estimé à 217,7 milliards de dollars pour 2027 contre 42,6 milliards de dollars environ en 2019 [1] avec un TCAC* de 22,3 %.

Nous allons essayer d'apporter un début de réponse, en nous concentrant sur les enjeux de l'industrie automobile, face à cette révolution numérique :

- Dans un premier temps, nous définirons en détail le concept d'IoT et expliquerons son fonctionnement, ainsi que les défis à relever.
- Deuxièmement, nous évaluerons son impact dans le secteur automobile tout en exposant les enjeux qu'il soulève.
- Dernièrement, nous concevrons un système embarqué répondant à un besoin.

2. l'Internet des Objets

2.1. Concept et définition :

Internet, une invention qui n'a de cesse de nous surprendre et qui permet à la majorité d'entre nous, l'accès à la plus grosse bibliothèque d'informations jamais créée, tout en nous offrant une interconnexion mondialement reconnue. Son omniprésence nous interroge sur ses perspectives d'utilisation, notamment en termes de collecte et d'analyse de données [2].

En effet, de plus en plus de technologies dépendantes d'Internet voient désormais le jour, et cette montée en puissance transforme les moyens de communications. Au tout début, les messages n'étaient transmis qu'entre ordinateur, mais dorénavant, l'apparition du M2M (machine-to-machine) a complètement chamboulé notre vision des choses, laissant ainsi place à des échanges ne nécessitant aucunes interventions humaines.

L'Internet des Objets, plus connu sous sa version anglophone Internet of Things (IoT), caractérise un réseau qui permettrait de connecter n'importe quoi à Internet, dans le but d'établir une communication par échange d'informations ; des informations utilisées à des fins de traçage, de surveillance, et d'administration [3].

De ce fait, nos « objets » du quotidien, subissent actuellement une transformation en étant doté d'une d'intelligence, leur permettant de comprendre leur environnement et d'agir en conséquence [4].

Toutefois, il est difficile de donner une définition officielle de l'IoT, car chacun peut se faire sa propre interprétation de ce que cette technologie signifie, en fonction du domaine dans laquelle elle est employée. Ce flou général n'en est pas moins traduit par les deux termes qui le composent ; effectivement l'Internet et l'Objet présentent deux axes de vision différents selon l'étude menée par Luigi Atzori, Antonio Iera et Giacomo Morabito [5] :

- Une première centrée infrastructure réseau.
- Une seconde, portée sur « l'objet » en lui-même.

En outre, il faut bien garder en tête ces deux paradigmes lorsque nous parlons d'IoT.

Vient s'ajouter à ça la sémantique, qui traite des normes de communication cherchant à favoriser l'interopérabilité et le traitement des données ; l'un des enjeux principaux dans ce domaine, comme nous le verrons par la suite [6].

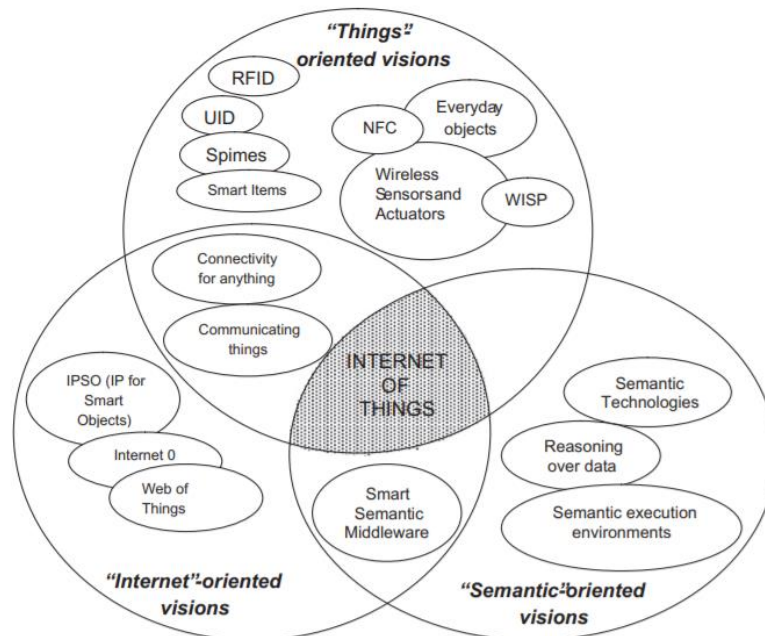


Figure 2 : Convergence des différentes visions de l'IoT (L. Atzori et al, 2010)

2.2. Son architecture :

Son fonctionnement se base sur une architecture dite orientée services (SOA), dont le but est de décomposer des fonctionnalités complexes et isolées, en un ensemble de services basiques et interconnectés, accessible par l'intermédiaire d'interfaces et de protocoles standards [7].

Dans le cadre de l'IoT, ces services sont découpés en 5 layers (couches) [8] :

- La première intitulée « **Perception Layer** » ou bien « **Device layer** », regroupe les appareils physiques, et se charge de l'identification et de la collecte des données par l'intermédiaire des capteurs.
- La seconde « **Network Layer** » ou « **Transmission Layer** » garantit l'acheminement sécurisé des data recueillies, en direction du système de traitement.
- En troisième position, la couche « **Middleware** » va stocker les données transmises par la couche « Network » dans une BDD (Base de données), avant de procéder à leurs analyses. Une fois ces data traitées, elle pourra proposer toutes sortes de services aux couches inférieures.
- Quatrièmement, la couche « **Application** », qui fait office d'interface entre les utilisateurs et Internet, et (grâce aux data traitées par la couche Middleware) assure la gestion globale de l'application.
- Puis en dernière position, « **Business Layers** », qui en se référant aux données contenues dans la BDD, va permettre de prédire les actions futures.

Voici une vue d'ensemble de ces 5 couches, avec les éléments qui s'y rattachent ;

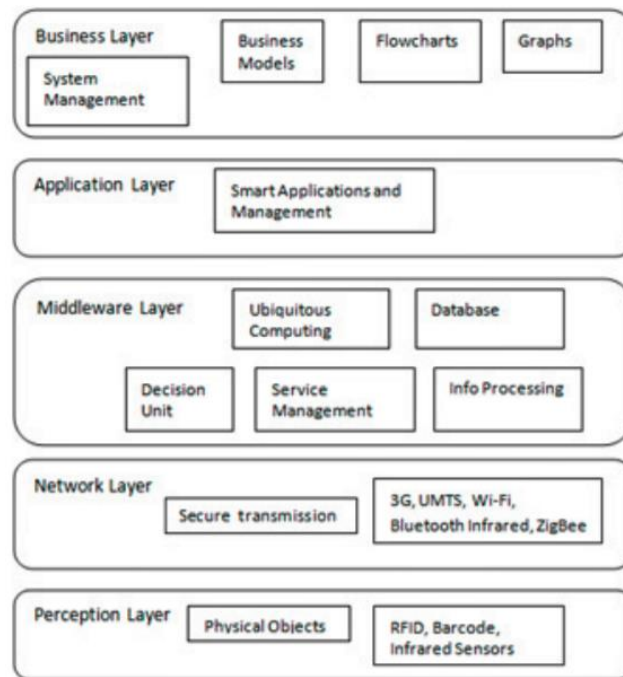


Figure 3 : Architecture IoT (Rishika Mehta et al, 2018)

2.3. Les défis à relever :

L'apparition des nouvelles technologies augmentent de jours en jours, aussi bien dans notre société que notre quotidien, toutefois, certains de ses critères demandent à être étudiés en profondeur, avant de pouvoir passer à une implémentation qui se veut globale. La question de ses enjeux ne cesse de susciter l'attention, notamment en termes de sécurité et de confidentialité.

En 2013, Mahmoud Elkhodr, Seyed Shahrestanie et Hon Cheung, évoquaient justement dans leur étude intitulée *The Internet of Things : Vision & Challenges* [9], les différents aspects sur lesquels nous devons nous pencher, afin de permettre une utilisation sécurisée et optimale de ces nouveaux moyens de communications. De la même façon, Keyur K. Patel, Sunil M. Patel, P. G. Scholar et Carlos Salazare, ont également traité la question en 2016 dans leur article de recherche *Internet of Things-IOT : Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges* [3].

Bien que 3 années, durant lesquelles l'IoT n'a eu de cesse d'évoluer, séparent ces 2 recherches, les défis à relever sont plus ou moins restés les mêmes ; voici une liste de ces derniers.

2.3.1. L'interopérabilité :

L'interopérabilité est primordiale, puisqu'elle permet la mise en place d'un standard de communication entre des réseaux, et systèmes très différents les uns des autres. Bien que ce problème de conformité ne soit pas nouveau [10], il faut en faire une priorité, car l'IoT opère dans des domaines tous très hétérogènes, où chaque fabricant conçoit ses propres produits. Ces technologies se doivent donc d'être sur le même pied d'égalité, afin d'échanger leurs informations tout en se comprenant mutuellement.

Son implémentation générale, repose avant tout sur la réussite de 5 aspects [11] [3] :

- Premièrement, **l'interopérabilité des systèmes**, qui assure la communication M2M en garantissant la bonne transmission des bits. Il existe tous un tas de protocoles de communications utilisés par certains dispositifs, mais qui s'avèrent inadaptés pour d'autres, d'où la nécessité de développer des normes communes.
- Deuxièmement, **l'interopérabilité réseau**, qui comme son nom l'indique, se charge de la transparence des échanges entre les réseaux. Que nous ayons affaire à un réseau Wi-Fi, GSM ou à basse consommation et longue portée tels que LoRa et Sigfox, il faut qu'un pont face le lien entre toutes ces infrastructures.
- Le troisième aspect, **l'interopérabilité syntaxique**, va quant à elle uniformiser les différents formats et structure de message, sous une même forme grammaticale. De ce fait, les messages seront encodés et décodés de la même manière.
- **L'interopérabilité sémantique**, dont le principe est de véhiculer des données qui se veulent significatives. Si les données perdent leur sens, cela compliquera la tâche de la personne en charge de l'analyse, qui ne saura les exploiter de manière sécurisée.
- Et enfin, **l'interopérabilité des plateformes**, qui doivent parfaitement s'implanter dans un écosystème IoT, afin de fournir des applications et des produits fonctionnants sous n'importe quel type de plateforme. A l'aube d'une ère où tout se veut connecté, nous devons pouvoir accéder à n'importe quel service sans rencontrer de difficulté.

En les respectant, nous pourrons surmonter les frontières qui font barrages entre les systèmes et les secteurs d'application.

2.3.2. Sécurité et confidentialité des données :

Qui dit connecté à Internet, dit mondialement attaquable par des personnes mal intentionnées, en outre, nous pouvons facilement imaginer les dégâts qui pourraient être causés à l'échelle d'un domicile ou d'une ville. De nombreux problèmes de sécurité liés à l'Internet des Objets subsistent, comme la sécurisation des liaisons sans-fil, des échanges entre réseaux, ou bien la protection de la vie privée des utilisateurs, qui peut à tout moment fuiter.

De ce fait, le moindre appareil intelligent dont la sécurité n'est pas suffisante, représente un point d'accès permettant ainsi la défaillance du réseau auquel il est rattaché. Comme l'expliquent Hany F Atlam, chercheur, et Gary Wills, docteur en ingénierie, tous les systèmes IoT sont reliés au même titre qu'une chaîne, il suffit donc d'accéder à un seul de ses maillons pour nuire à l'ensemble [12].

C'est ce qui est notamment arrivé à un Casino, qui s'est vu pirater sa BDD, répertoriant la liste des clients VIP de l'enseigne. Pour ce faire, les pirates sont passés par le thermomètre connecté de l'aquarium, rattaché au réseau de l'établissement, usurpant ainsi 10 Go de données qui furent rapidement exfiltrer en direction de la Finlande [13].

Etant donné que le nombre d'appareils connectés ne cesse de croître, les constructeurs ont opté pour l'utilisation des technologies sans fil, qui facilitent ainsi l'installation et assurent une connectivité permanente. Malheureusement, la simple utilisation d'une antenne réceptrice permet la réception de toutes les ondes électromagnétiques qui nous entoure, d'où l'enjeu primordiale de sécuriser ces échanges.

Cette sécurité vise en priorité les couches *perception*, *network* et *application*, de l'architecture IoT :

Dans le cadre de la couche *perception*, la sécurité opère sur 3 sous-couches, dont chacune va traiter le format de donnée qui lui correspond :

- **La première, nommée multimédia**, qui utilise entre autres des techniques de compression multimédia, de cryptage, d'horodatage ou bien d'identifiant de session.
- **La seconde, intitulée image**, qui effectue la compression d'image et réalise les contrôles de redondance cyclique, afin de vérifier que les données n'ont pas été altérées.
- **La dernière, information textuelle**, dont les moyens reposent sur le cryptage, la compression, et l'anti-brouillage.

Pour la couche *network*, il existe également 2 sous-couches, selon si nous avons affaire à un réseau sans fil ou câblé. A ce niveau-là, ce sont les techniques de transfert de clé à travers des canaux sécurisés, d'authentification, et d'algorithmes de détection qui prévaut.

La couche *application*, va quant à elle garantir la sécurité de l'application grâce aux pare-feux, aux antivirus, ou par l'intermédiaire des autorisations accordées, etc...

Elle se divise également en 2 sous-couches, selon si l'application est utilisée à échelle locale ou internationale [14] :

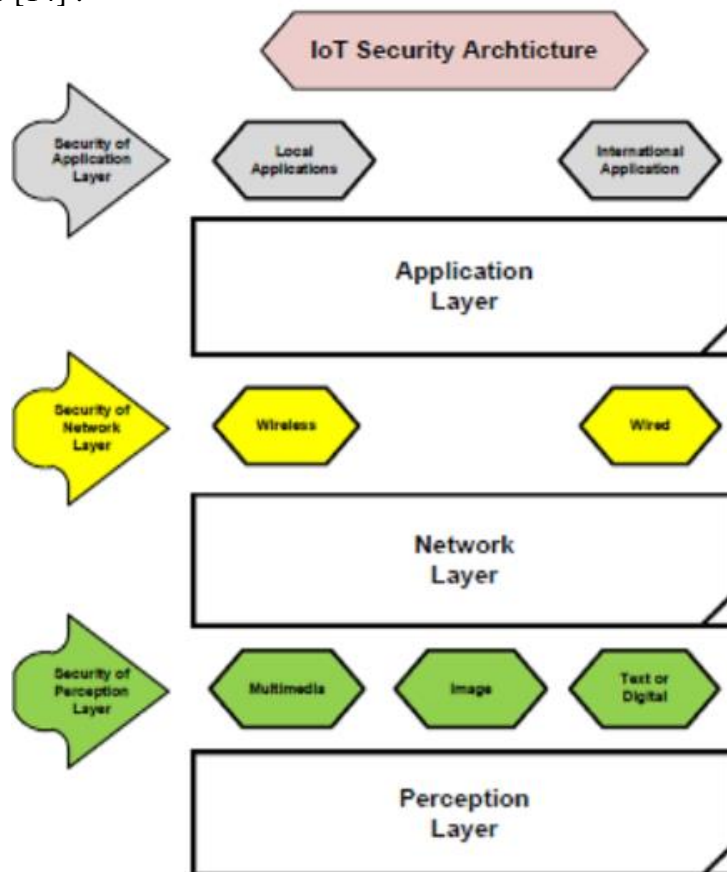


Figure 4 : Architecture IoT sécurisée (P. Ganapathi, M. Sujithra, 2016)

De la même façon, il faut pouvoir garantir l'anonymat de l'utilisateur, et la confidentialité de ses data. Aujourd'hui, des tas de données personnelles sont exploitées par les entreprises afin de nous fournir des services en fonction de nos goûts, il suffit de se pencher sur les publicités affichées sur notre navigateur pour en prendre conscience.

Cette confidentialité est très discutée dans l'IoT, car la moindre information peut potentiellement présenter un risque. La température interne d'un domicile, ou la mise en marche de la climatisation, par exemple, indique la présence de ses hôtes, ce qui peut être utilisé en vue de préparer un cambriolage.

De plus, étant donné que les systèmes IoT s'échangent des data, qu'arrive-t-il de nos données privées ? Car même si nous décidons de supprimer ces dernières de nos appareils, elles subsistent à travers les autres équipements.

2.3.3. Gestion du Big Data

La montée fulgurante de l'IoT, a entraîné une forte production de data, qui s'avèrent compliquées à gérer. Cette masse de données, dépasse largement les architectures de gestion traditionnelles, ce qui engendre un impact considérablement sur la capacité de calcul, et nous pousse à trouver de nouvelles solutions en termes de collecte, de gestion et d'exploitation [15].

Qui plus est, ces données sont d'une grande diversité, et majoritairement non-structurées, c'est-à-dire qu'elles sont contenues dans un format qui ne facilite guère leur compréhension, à l'instar d'une image, d'un fichier audio, ou d'un commentaire [16]. De la même manière, il existe également des données dites semi-structurées, dont la structure diffère du modèle établi par les bases de données relationnelles (MySQL, MariaDB, ORACLE...), mais qui, par l'intermédiaire de balises ou de marqueurs, permet la récupération d'informations significatives. C'est nouveaux formats basés sur une structure irrégulière, voire inexistante, sont néanmoins bénéfiques pour l'IoT, puisqu'ils nous donnent la possibilité de remédier à l'hétérogénéité des data, issues de BDD variées.

La définition du Big Data ne se limite pas qu'à cette imposante masse de données, c'est aussi un concept caractérisé par 3 axes principaux appelé « règle des 3V » : Volume, Vitesse et Variété [17] [18] :

Le Volume, comme son nom l'indique, évalue la quantité de données, qui se mesure en téra (10^{12}) voir pétaoctets (10^{15}) en provenance de grands groupes tel que Twitter ou Facebook [19], pour une part mondiale s'élevant à environ 64,5 zettaoctets (10^{21}) d'ici 2021 ; selon les statistiques de la plateforme Statista [20]. Comme l'explique Z. Doshi, R. Agrawal, Pratik Kanaki, ingénieur informatique, et M. C. Padole, titulaire d'un doctorat en informatique et ingénierie, dans leur étude intitulée « *Big Data, Big Challenges* », les bases de données traditionnelles deviennent inefficaces face à des data qui se chiffrent en pétaoctets ; ce qui engendre des coûts très élevés pour les entreprises cherchant à mettre à jour leur infrastructure de stockage.

En soit, ce volume soulève beaucoup de contraintes, comme la durée de cryptage, la surveillance, ou bien le filtrage des data, qui s'avère complexe face à cet océan de données.

La Vitesse, traite de la vitesse à laquelle Les informations sont produites, et l'enjeu que représente une étude en temps réel. Aujourd'hui, les systèmes IoT délivrent un nombre incalculable de données à grande vitesse, ce qui pousse les entreprises à développer de nouveaux systèmes de traitement.

Il existe des programmes dédiés à l'analyse et au stockage du Big Data, comme l'application open source Hadoop ou le framework de traitement de flux Apache Storm, mais chacun présente des inconvénients, qui hissent ces technologies en dessous de nos espérances.

Hadoop par exemple, découpe la masse de données en plusieurs « nœuds » de taille identique, et les traite parallèlement, en un minimum de temps, avant de les stocker [21].

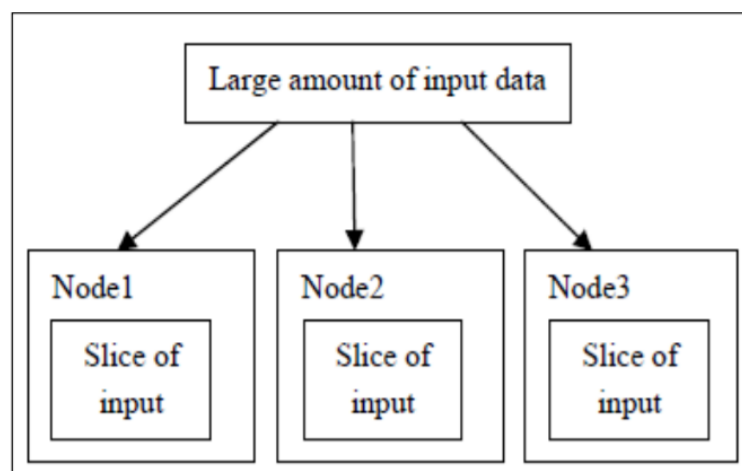


Figure 6 : Les données distribuées par les nœuds Hadoop (2020) [21]

A l'opposé, Apache Storm est capable de directement analyser, et transformer le flux de données, en très peu de temps (de l'ordre du million de tuple* traité par seconde [22]), mais ne peut fournir des solutions de stockage [17] [23]. Il faut donc le rattacher à une BDD, mais encore faut-il que cette dernière, soit capable de gérer la vitesse d'arrivée des data.

La Variété, car comme nous l'avons vu précédemment, il existe une variété de données qui rendent l'étude délicate. A l'échelle d'une entreprise, cela se caractérise par des informations du même type, mais dont le format diffère ; exemple avec une image .jpeg qui peut tout aussi bien être en .png ou en .gif.

Vient s'ajouter à ça la dimension qui consiste à séparer les informations pertinentes, de celles qui ne le sont pas ; compte tenu des nouvelles structures de données [17].

Deux autres éléments sont venus compléter les piliers du Big Data, transformant ainsi la règle des 3V, en 5V :

Nous retrouvons **la Vérité**, qui a pour but de créer un lien de confiance entre la personne en charge de l'analyse, et les data. Effectivement, si la fiabilité des données n'est pas au rendez-vous, elle ne sera pas capable de porter un jugement, et ne saura les exploiter convenablement. Etant donné que la majorité des informations recueillies sont utilisées en vue de prendre des décisions, il faut impérativement s'assurer de leur conformité.

L'un des aspects les plus importants du Big Data, est de transformer cette « infobésité » en valeur ajoutée ; c'est ce que traduit le dernier V : **Valeur**. La plupart du temps, les data analysées ne présentent que très peu de valeur, comparé à leur volume d'origine, d'où l'intérêt de rentabiliser les investissements afin d'augmenter les recettes [24].

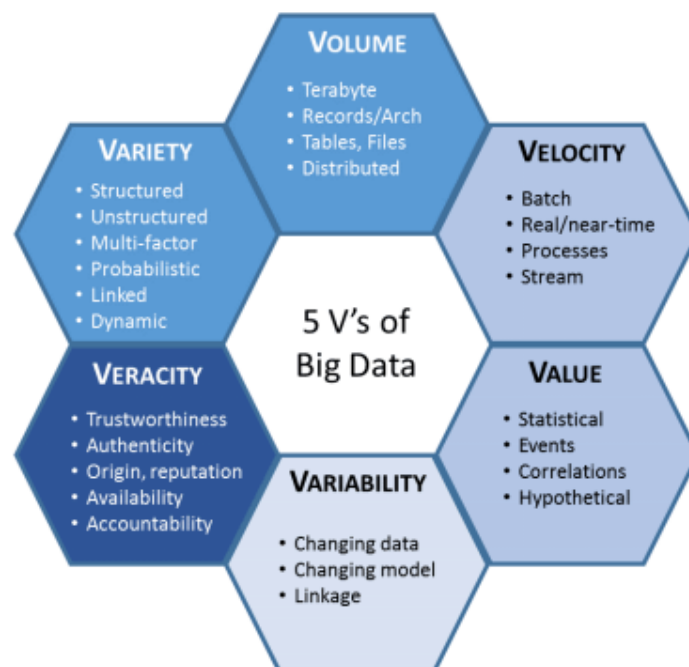


Figure 7 : Caractéristiques des 5V du Big Data (B. Shaqiri, 2017)

2.3.4. L'enjeu énergétique :

L'IoT connecte des milliards de dispositifs à travers le monde, ce qui entraîne une forte croissance des demandes en énergie. Dans une optique de développement durable, les constructeurs cherchent à diminuer la consommation de leurs produits, afin d'offrir des technologies plus respectueuses de l'environnement. En effet, certains appareils consomment plus d'énergie que nécessaire, engendrant ainsi un impact environnemental plus élevé, et des frais inutiles ; d'où l'intérêt de limiter ce gaspillage.

Cette nouvelle vision est qualifiée de « Green IoT », et cherche à s'appliquer à tous les domaines de l'Internet des Objets, en utilisant des techniques à haut rendement énergétique. Ces améliorations touchent aussi bien les hardwares que les logiciels, en passant par les technologies de communication et de cloud. Dans le cadre des réseaux sans fil par exemple, elle consiste à optimiser les techniques de radiodiffusion, de routage, et à implémenter des algorithmes intelligents, dans le but de réduire la taille des données, et les besoins en capacité de stockage [26]. A l'instar des objets contenus dans les réseaux LPWAN (Low Power Wide Area Network), qui se réveillent uniquement pour transmettre quelques Kbits de données, ce qui réduit considérablement la consommation énergétique comparait aux réseaux mobile 3G, 4G [27].

Les capteurs demandent également une étude approfondie, car comme l'explique R. Ahmed, professeur assistant au département d'informatique et d'ingénierie de KNIT à Sultanpur, bien qu'ils n'aient besoin que de très peu d'énergie pour fonctionner, cela représente une très grosse part à l'échelle de plusieurs milliards [28]. Il faut donc choisir chaque composant avec soin, afin de limiter les besoins en énergie au strict minimum.

Les technologies vertes de l'IoT n'en sont qu'à leur début, mais leur cause est noble, car elles mettent l'accent sur une diminution intelligente de l'empreinte carbone, à une époque où la pollution numérique se veut de plus en plus conséquente [29]. Avec l'arrivée imminente de la 5G, son enjeu est d'autant plus crucial, car beaucoup se questionnent sur l'impact de cette nouvelle technologie. En effet, suite au cinquième sommet mondial sur l'efficacité des TIC* qui s'est déroulé à Amsterdam en septembre 2019, un rapport officiel intitulé « 5G Telecom Power Target Network » a été partagé par Huawei. Dans ce dernier, on apprend qu'un appareil fonctionnant sur une bande 5G, consommerait 300 à 350 % plus d'électricité qu'un équipement 4G, pour une même configuration [30].

Au contraire, certains affirment que la 5G serait susceptible de réduire la consommation d'énergie, notamment grâce à des modes veilles avancés [31] ; il faut donc étudier en profondeur la question, afin de vérifier son aspect écoresponsable.

3. Au cœur du secteur automobile

3.1. La quatrième révolution industrielle :

Le monde a connu 3 révolutions industrielles aux cours des derniers siècles, qui ont chacune provoquées de grands bouleversements sur les plans économiques et sociaux. L'apparition de la machine à vapeur, a permis de développer le transport maritime et ferroviaire, donnant ainsi naissance à de nouvelles opportunités commerciales. Les chaînes de productions nous ont offert le moyen d'augmenter notre productivité, tandis que l'automatisation des machines, a rendu la tâche des travailleurs moins contraignante [32]

Internet a complètement bouleversé nos vies, en changeant nos moyens de communication et de consommation. C'est dotant plus le cas avec l'émergence de l'Internet des Objets, qui par son caractère intelligent et autonome, attire l'œil des industriels, qui optent de plus en plus pour des solutions connectées. Ce changement est d'une telle ampleur, que l'on parle d'une quatrième révolution industrielle.

3.1.1. Définition et concept :

Le concept d'industrie 4.0 (ou smart factory), fut introduit pour la première fois en 2011, lors de la Foire de Hanovre, en Allemagne, dont le thème était porté sur les solutions d'automatisations industrielle [33]. Selon l'Institut technologique de maintenance industrielle situé au Québec, cette nouvelle révolution a pour objectif de donner aux humains, machines et produits, la possibilité de communiquer entre eux, tout en étant connecté [34]. L'usine 4.0 ne se limite pas qu'à l'utilisation des nouvelles technologies, mais évalue également leurs impacts sur la société, notamment la collaboration Homme-machine, qui implique de devoir former les travailleurs à de nouveaux moyens de production. De la même façon, elle cherche à résoudre les problèmes liés à l'automatisation, qui remplace de plus en plus les salariés au sein de l'industrie [35].

De ce fait, son but n'est pas de remplacer l'Homme, mais plutôt de l'aider dans ses travaux, en mettant à sa disposition des processus beaucoup plus rapide, qui échangent des informations en temps réel et sans difficultés [36]. Le cycle de fabrication est également modifié, en s'orientant désormais vers une production à faible volume, de produits uniques et personnalisables. En effet, les clients pourront, grâce à l'IoT, communiquer avec les machines lors de la phase de réalisation, ce qui permettra de leur proposer de nouveaux services ; c'est le concept de la « smart production ». Malgré la diminution de son volume de production, la

« smart factory » devrait accroître sa productivité, en réduisant de 50 % le temps entre la conception d'un nouveau produit, et sa livraison [37]. L'usine intelligente répond parfaitement aux besoins des constructeurs automobiles et de leur sous-traitant, car elle permet le suivi des données de productions, tout au long de la chaîne de valeur [38].

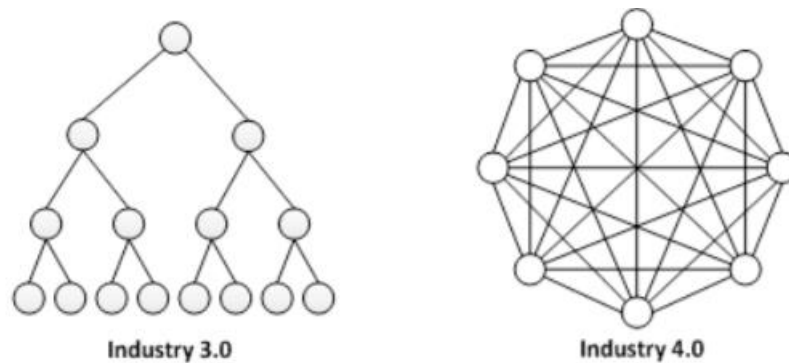


Figure 8 : Les flux d'information au sein de l'industrie 3.0 vs 4.0 [37]

Les facteurs clés de cette « smart production », sont la mise en réseau horizontale et verticale, qui change complètement l'organisation au sein de l'entreprise. Sur le plan horizontal, nous retrouvons tous les systèmes connectés entre eux, comme les unités de production, les systèmes de stockage et les appareils IoT ; mais également les communications externes à l'entreprise, comme les relations partenariales. Son rôle est de rendre la coopération harmonieuse entre les différentes machines et processus [39].

L'intégration verticale, quant-à-elle, vise à dépasser les barrières de la hiérarchie, en garantissant l'utilisation des données de production, à un niveau supérieur. Les data pourront donc être directement transmises vers le système ERP* ou le cloud, en vue de prendre des décisions relatives au personnel, au marketing ou autres. Lier ces deux paradigmes, permettra de rendre l'usine beaucoup plus intelligente et flexible, au profit des fabricants.

3.1.2. IoT et production industrielle :

L'usine de demain, repose sur l'utilisation des technologies numériques (IoT, Big Data, cloud...) et des systèmes cyber-physique (SCP). Ces derniers résultent de la fusion des processus industriels, avec les technologies de communication moderne basée sur Internet. Ils caractérisent tous les appareils intelligents qui sont capable, en toute autonomie, d'échanger des informations, de déclencher des actions, et de se contrôler mutuellement [35]. Leur utilisation engendre l'optimisation et l'amélioration de la production, principalement grâce à

leurs capteurs IoT, qui collectent une grande quantité de données, en vue d'analyser les erreurs ; mais aussi de prévoir les comportements futurs, afin d'agir en conséquence [40]. Ces data peuvent, effectivement, nous renseigner sur l'état des machines, ce qui permet de planifier une potentielle maintenance. Les SCP sont étroitement liés à l'Internet des Objets, qui leur confère une connexion Internet permanente, par laquelle, les données relevées, vont être acheminées, en direction des différents services.

De plus, les industriels utilisent également les puces RFID*, afin de localiser et identifier les pièces, tout au long de la chaîne de production. Dans l'industrie automobile, cette technologie est notamment employée pour faire le lien entre une carrosserie et son client [41]. Avec l'émergence des transports intelligents, et plus particulièrement de la voiture connectée, ce secteur est d'autant plus concerné par l'IDO.

L'avancée majeure de la technologie, a permis aux industriels d'opter pour de nouvelles solutions comme l'intelligence artificielle, la réalité augmentée et l'impression 3D. Voici une vue d'ensemble de toutes les technologies employées dans l'industrie 4.0.

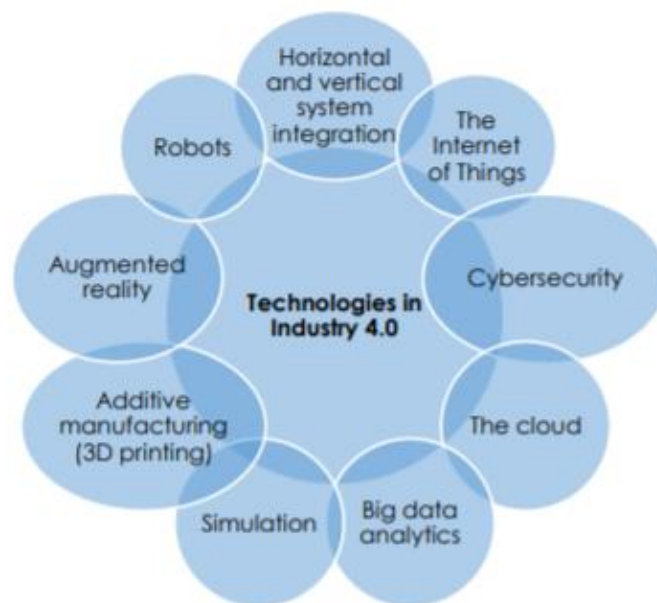


Figure 9 : Les technologies relatives à l'industrie 4.0 [42]

3.1.3. Qu'en est-il de la main d'œuvre ?

Comme nous l'avons évoqué auparavant, l'automatisation industrielle rattachée à l'IoT, va entraîner une diminution fulgurante de la main d'œuvre, ce qui va directement toucher les travailleurs. Bien que la montée en force des nouvelles technologies puisse paraître effrayante, leur rôle est avant tout d'aider le salarié et non de le supplanter. L'utilisation de la réalité

augmentée par exemple, va permettre au technicien d'accéder à l'information plus rapidement, tandis que les robots collaboratifs, l'accompagnent en exécutant des manipulations difficiles. Il est cependant vrai que les emplois non qualifiés, dans lesquels les ouvriers exécutent des tâches simples et souvent répétitives, risque d'être substitués par des robots, au cours des 10/20 prochaines années [43]. En effet, les robots peuvent effectuer plusieurs fois la même tâche avec une rapidité, et une précision, supérieures à celle d'un Homme, ce qui entrainera l'accroissement de la production.

Toutefois, cette évolution n'est pas entièrement négative, car elle entrainera une réduction des charges du travail manuel, ce qui permettra de transférer les travailleurs vers des tâches plus satisfaisante avec à la clé, des emplois plus qualifiés et mieux rémunérés [43]. Dans la même optique, le professeur Juergen Maier, commissionné par le ministère britannique des affaires, de l'énergie, et de la stratégie industrielle, nous annonce une croissance de l'industrie manufacturière estimée entre 1,5 et 3 % par an, ce qui conduirait à une augmentation nette de 175 000 emplois, et une diminution des émissions CO₂ de 4,5 %, au fil de la future décennie [44].

Cette ère de la digitalisation, va marquer une transition avec les méthodes d'apprentissage traditionnelles en utilisant les derniers outils de formation adoptés par les organisations. Les employés devront acquérir de nouvelles compétences, mais également recevoir une orientation spécifique, afin de s'assurer qu'ils sachent en quoi consiste leur travail et comment le réaliser. La nécessité d'améliorer les acquis des salariés est primordiale, car l'organisation au sein d'une entreprise est toujours très dynamique, ce qui est d'autant plus le cas avec l'usine intelligente qui utilise un large panel de technologies [45]. L'Allemagne, pionnier en la matière, a notamment ouvert à travers tout le pays, des centres de formation et d'éducation dédiés à l'industrie 4.0, qui couvrent aussi bien la scolarité des moins de 18 ans, que celle des étudiants en enseignement supérieur. Ces derniers proposent des formations professionnelles, qui permettent de rentrer plus rapidement dans le vif du sujet, afin que les élèves puissent appréhender la complexité d'une usine du futur [46].

Le débat de l'impact industrielle 4.0 sur l'avenir du travail continu à faire parler de lui, car il est difficile de prévoir avec précision les changements que cela va apporter, mais nous savons que les emplois existants, pourraient très bien être remplacés par des nouveaux. Face à ces changements, les travailleurs devront se tenir au goût du jour, en acquérant de nouvelles

compétences, qui leurs permettront d'obtenir une compréhension globale du fonctionnement, et de l'organisation, au cœur de l'industrie intelligente.

3.2. L'émergence des véhicules connectés :

L'Internet des Objets s'est développé avec une telle rapidité, que son utilisation devient une nécessité presque fondamentale dans notre quotidien. Ses technologies peuvent se retrouver dans tous les domaines, tels que la santé, l'agriculture, et le bâtiment intelligent. Dans le secteur automobile notamment, les constructeurs voient en l'IoT, une possibilité d'améliorer le confort, et la sécurité à bord d'un véhicule, ce qui conduit à la conception de nouveaux transports dit intelligents. Ces transports intelligents ont pris une telle ampleur aux cours des dernières années, qu'on estime, en France, le nombre de véhicule connecté en circulation, à 12,8 millions pour 2022, contre 3,1 en 2017 [47].

3.2.1. Principe :

Un véhicule connecté, est un transport muni d'une connexion Internet, qui utilise des capteurs embarqués, afin d'améliorer l'expérience des utilisateurs, et la qualité de vie à bord. Ils peuvent, par exemple, renseigner les personnes sur la température du liquide de refroidissement, la pression des pneus, ou bien l'état du moteur, et contrôler ces éléments, sans intervention humaine, par l'intermédiaire d'actionneurs [48].

La connectivité Internet, offre la possibilité au conducteur d'obtenir des données de navigation, et de gérer le contenu de divertissement audio/visuel, aussi bien à l'avant qu'à l'arrière. Les constructeurs privilégient l'utilisation des commandes vocales, ce qui permet au chauffeur de garder les yeux sur la route, et les mains sur le volant. La connexion assure également la communication entre les véhicules (V2V), mais aussi avec l'infrastructure du réseau routier (V2I), comme les feux tricolores [49].

Les constructeurs, concessionnaires et fournisseurs automobiles, misent beaucoup sur l'IDO, car ils y voient une manière de fluidifier le trafic, et de suivre l'état d'usure des véhicules, afin d'en informer leurs clients. Les voitures de chez Tesla en sont un très bon exemple, car elles présentent à elles seules, un gros dispositif IoT avec de nombreuses propriétés connectées intégrées.

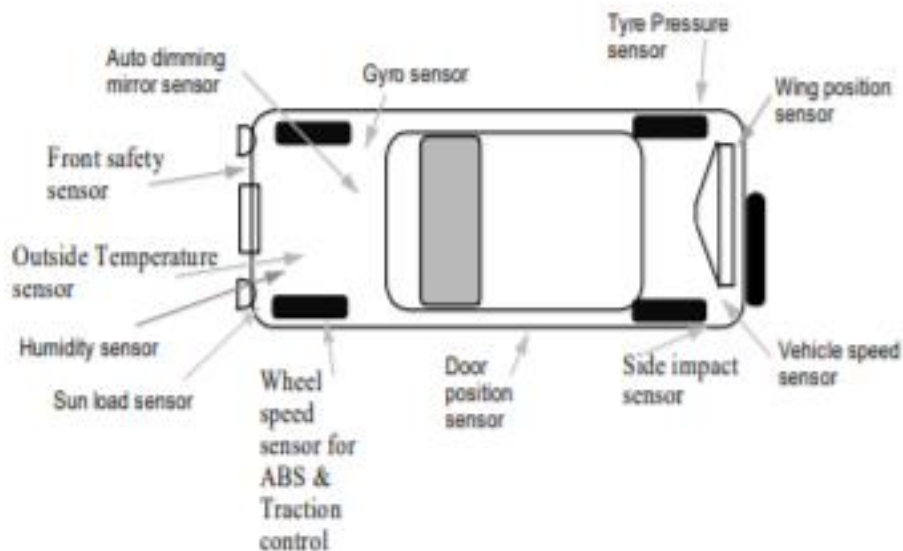


Figure 10 : Les différents capteurs utilisés dans la voiture connectée [48]

3.2.2. Pour répondre à quels besoins ?

Adopter ces nouveaux transports intelligents, rendra notre quotidien beaucoup plus rapide et plus sûr, en répondant à plusieurs besoins spécifiques, comme par exemple la diminution du nombre d'embouteillages et d'accidents de la route. En effet, grâce à la communication inter-véhicule, le conducteur sera à même de choisir le meilleur chemin, ce qui le fera arriver plus rapidement à destination. Appliqué cet échange d'informations à l'ensemble du trafic, permettra une répartition de la circulation plus pragmatique, entraînant ainsi une réduction considérable du nombre d'accident et de mort sur la route. Le fait d'éviter les embouteillages, et de renseigner le chauffeur sur les places de parking les plus proches, par exemple, devrait également réduire la consommation de carburant, ce qui l'aidera à faire des économies tout en limitant son impact sur l'environnement.

Les données en temps réel sur le moteur, le système de lubrification ou de transmission, seront utilisées pour prévenir les pannes, ce qui informera les utilisateurs sur l'état général de leur véhicule. Si une panne survient malgré ce suivi, le conducteur sera toujours à temps d'utiliser les informations de son tableau de bord pour localiser les stations-service et garage près de sa position. De la même façon, lors d'un accident, le système d'urgence se déclenchera en envoyant des data en direction des services d'urgences, ce qui accélérera la prise en charge.

Opter pour les technologies de l'IoT embarquées, rendra la conduite moins contraignante et transformera considérablement l'expérience du conducteur et de ses passagers.

[1] MARKETSANDMARKETS (2019).

Global Forecast to 2027.

https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/connected-car-market-102580117.html?gclid=CjwKCAjwqpP2BRBTEiwAfpID-2BCY8e3hseyKMZib5sHMXGqO17F9oTJRdHdL1G5Kf8CifkqGqkWVxoCSPgQAvD_BwE

[2] Internet Prediction (2010) Estrin, Deborah and Chandy, K. Mani and Young, R. Michael and Smarr, Larry and Odlyzko, Andrew and Clark, David and Reding, Viviane and Ishida, Toru and Sharma, Sharad and Cerf, Vinton G. and Hölzle, Urs and Barroso, Luiz André and Mulligan, Geoff and Hooke, Adrian and Elliott, Chip (2010) *Internet Predictions*. IEEE Internet Computing, 14 (1). pp. 12-42. ISSN 1089-7801.

https://authors.library.caltech.edu/17375/1/Chandy2010p6880Ieee_Internet_Comput.pdf

[3] Internet of Things-IOT : Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges – K. K. Patel, S. M Patel, P G Scholar, C. Salazar (2016).

https://www.researchgate.net/publication/330425585_Internet_of_Things-IOT_Definition_Characteristics_Architecture_Enabling_Technologies_Application_Future_Challenges

[4] Smart Objects as Building Blocks for the Internet of Things – IEEE Internet Computing (2010)

<https://ieeexplore.ieee.org/document/5342399>

[5] The Internet of Things : A Survey – L. Atzori, A. Iera, G. Morabito (2010).

https://www.researchgate.net/publication/222571757_The_Internet_of_Things_A_Survey

[6] Sémantique et Internet des objets : d'un état de l'art à une ontologie modulaire – N. Seydoux, M. B. Alaya, N. Hernandez, T. Monteil, O. Haemmerlé (2015).

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01166052/document>

[7] SOA vs MVSOA : Une architecture orientée services multivues – A. Kenzi, B. El Asri, M. Nassar, A. Kriouile (2008).

<http://www.cari-info.org/actes2008I/kenzi.pdf>

[8] Internet of Things : Vision, Applications and Challenges – R. Mehta, J. Sahni, K. Khanna (2018).

https://www.researchgate.net/publication/325664149_Internet_of_Things_Vision_Applications_and_Challenges

[9] The Internet of Things : Vision & Challenges – M. Elkhodr, S. Shah, H. S. Cheung (2013)

https://www.researchgate.net/publication/256461848_The_Internet_of_Things_Vision_Challenges

[10] A functional approach to information system interoperability - H. yliopisto.

Department of Computer Science, F. Eliassen, and J. Veijalainen (1988).

[11] Interoperability in Internet of Things: Taxonomies and Open Challenges – M. Noura, M. Atiquzzaman, M. Gaedke (2019).

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11036-018-1089-9.pdf>

[12] IoT Security, Privacy, Safety and Ethics – H. F. Atlam, G. Wills (2019)

https://www.researchgate.net/publication/332859761_IoT_Security_Privacy_Safety_and_Ethics

[13] An Internet-connected fish tank let hackers into a casino's network – Z. Zorz (2017)

<https://www.helpnetsecurity.com/2017/07/27/internet-connected-fish-tank-hackers/>

[14] IOT Security Challenges and Issues An Overview – P. Ganapathi, M. Sujithra (2016).

https://www.researchgate.net/publication/301887203_IOT_Security_Challenges_and_Issues_-_An_Overview

[15] Big Data Management Challenges – S. Šuman (2020)

https://www.researchgate.net/publication/339672487_Big_Data_Management_Challenges

[16] An Unstructured to Structured Data Conversion using Machine Learning Algorithm in Internet of Things (IoT) – S. Verma, K. Jain, Dr C. Prakash (2020)

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3563389

[17] Big Data, Big Challenges – P. Kanani, M. C. Padole, Z. Doshi, R. Agrawal (2020)

https://www.researchgate.net/publication/341323217_Big_Data_Big_Challenges

[18] We do not have Systems for Analysing IoT Big-Data – Y. Sasaki (2020)

https://www.researchgate.net/publication/339787416_We_do_not_have_Systems_for_Analysing_IoT_Big-Data

[19] Here's How Much Big Data Companies Make On The Internet – K. Matthews (2018)

<https://www.smartdatacollective.com/how-much-big-data-companies-make-on-internet/>

[20] Volume of data/information created worldwide from 2010 to 2025 (2020)

<https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/#:~:text=Information%20created%20globally%202010%2D2025&text=The%20total%20amount%20of%20data,reachin%20175%20zetabytes%20in%202025.>

[21] Characteristics and Analysis of Hadoop Distributed System – S. R. M. Zeebaree, L. Haji, R. Zebari, H. M. Shukur (2020)

https://www.researchgate.net/publication/341775003_Characteristics_and_Analysis_of_Hadoop_Distributed_Systems

[22] Why use Apache Storm ? – Site officiel <https://storm.apache.org/>

[23] Big Data et Machine Learning - 3^e éd : Les concepts et les outils de la data science –

P. Lemberger, M. Batty, M. Morel, J-L. Raffaëlli (2019)

https://books.google.fr/books?id=yDulDwAAQBAJ&pg=PT328&lpg=PT328&dq=Apache+Storm+stockage&source=bl&ots=42gpRw_1IE&sig=ACfU3U32-Opvx4M0GMuZCh5U-mLWIS1x8Q&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwiKpsvZ_ujpAhVQhRoKHV_ACC0Q6AEwBXoECAsQAQ#v=onepage&q=Apache%20Storm%20stockage&f=false

[24] The Magnitude of Big Data 5vs in Business Macroclimate – S.-F Fam, I. Noriszura, W. L. Shinyie (2019)

https://www.researchgate.net/publication/335028796_The_Magnitude_of_Big_Data_5vs_in_Business_Macroclimate

[25] Exploring Techniques of Improving Security and Privacy in Big Data – B. Shaqiri (2017)

https://www.researchgate.net/publication/321050765_Exploring_Techniques_of_Improving_Security_and_Privacy_in_Big_Data

[26] Green IoT — Issues and Challenges – R. Ahmed (2019)

https://www.researchgate.net/publication/333893276_Green_IoT_-_Issues_and_Challenges

[27] Low Power Wide Area Technology – THALES

<https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/resources/innovation-technology/low-power-wide-area-technology>

[28] Understanding Creen IoT : Research Applications and Future Directions – N. Mehgashree, R. Girija, D. Sumathi (2019)

https://www.researchgate.net/publication/334559712_Understanding_Green_IoT_Research_Applications_and_Future_Directions

[29] Quelle est l’empreinte environnementale du numérique mondial ? – F. Bordage (2019)

<https://www.greenit.fr/2019/10/22/12982/>

[30] 5G Telecom Power Tager Network White Paper – HUAWEI (2019)

<https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/products/network-energy/5G-Telecom-Energy-Target-Network-White-Paper.pdf>

[31] La 5G : l’efficacité énergétique “by design” – Orange (2020)

<https://hellofuture.orange.com/fr/la-5g-lefficacite-energetique-by-design/>

[32] INDUSTRY 1.0 TO 4.0: THE EVOLUTION OF SMART FACTORIES – J. Thangaraj, R. M. Narayanan (2018)

https://www.researchgate.net/publication/330336790_INDUSTRY_10_TO_40_THE_EVOLUTION_OF_SMART_FACTORIES

[33] HANNOVER MESSE – 2011

<https://www.pbkik.hu/download.php?id=11935>

[34] Les concepts de l’industrie 4.0 – ITMI Québec (2017) <http://www.itmi.ca/fr/accueil/>

[35] A Study on Industry 4.0 Concept – C. V. Bidnur (2020)

<https://www.ijert.org/a-study-on-industry-40-concept>

[36] Industry 4.0 implications in logistics: an overview – L. Barreto, A. Amaral, T. Pereira (2017)

https://www.researchgate.net/publication/320343294_Industry_40_implications_in_logistics_an_overview

[37] Industry 4.0: the Future Concepts and New Visions of Factory of the Future Development – D. Vuksanović, J. Vešić, D. Korčok (2016)

https://www.researchgate.net/publication/303561107_Industry_40_the_Future_Concepts_and_New_Visions_of_Factory_of_the_Future_Development

[38] L'Industrie 4.0 dans la construction automobile – COPA-DATA

<https://www.copadata.com/fr/industries/usinei-intelligente/smart-factory-insights/construction-automobile-intelligente/automotive-3-23/>

[39] Intégration horizontale et verticale dans l'usine intelligente – COPA-DATA

<https://www.copadata.com/fr/industries/integrationhorizontaleetverticale/#:~:text=Industrie%204.0%203A%20mise%20en%20r%C3%A9seau%2C%20communication%20et%20efficacit%C3%A9&text=Deux%20des%20facteurs%20les%20plus,horizontale%20et%20l'int%C3%A9gration%20verticale.>

[40] Automotive Industry in the Context of Industry 4.0 Strategy – J. Sinay, Z. Kotianová (2018)

https://www.researchgate.net/publication/331507570_Automotive_Industry_in_the_Context_of_Industry_40_Strategy

[41] Industry 4.0 in the Volkswagen Group – Volkswagen Group (2015)

https://www.youtube.com/watch?v=JTl8w6yA_jds

[42] Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic – M. A. K. Bahrin, F. Othman, N. H. N. Azli, M. F. Talib (2016)

https://www.researchgate.net/publication/304614356_Industry_40_A_review_on_industrial_automation_and_robotic

[43] FUTURE OF WORK WITH THE INDUSTRY 4.0 – A. Görmüş (2019)

https://www.researchgate.net/publication/336846985_FUTURE_OF_WORK_WITH_THE_INDUSTRY_40

[44] Made Smarter Review – professeur J. Maier (2017)

<https://www.gov.uk/government/publications/made-smarter-review>

[45] TRAINING THE WORKFOCE FOR INDUSTRY 4.0 – N. Ninan, M. R. Thomas (2019)

https://www.researchgate.net/publication/333447750_TRAINING_THE_WORKFORCE_FOR_INDUSTRY_40

[46] Industry 4.0 : Educating the Workforce of Tomorrow – J. Flynn, D. Schaefer (2018)

https://www.researchgate.net/publication/326610183_Industry_40_Educating_the_Workforce_of_Tomorrow

[47] Nombre de véhicules connectés en circulation en France 2017-2022 – Statista (2018)

<https://fr.statista.com/statistiques/669112/projection-nombre-voitures-connectees-circulation-france/>

[48] Future Automobile an Introduction of IOT – S. Vasamsetti (2017)

https://www.researchgate.net/publication/329125371_Future_Automobile_an_Introduction_of_IOT

[49] Internet Of Things (IoT) In The Smart Automotive Sector: A Review – R. K. Bajaj, M. Rao, H. Agrawal (2018)

[http://www.iosrjournals.org/iosr-jce/papers/Conf.CRTCE%20-2018\)/Volume%201/7.%2036-44.pdf?id=7557](http://www.iosrjournals.org/iosr-jce/papers/Conf.CRTCE%20-2018)/Volume%201/7.%2036-44.pdf?id=7557)