



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Comment s'intègre l'intelligence artificielle dans l'industrie ?

Avec pour étude de cas la maintenance prédictive 4.0 dans la société I-care

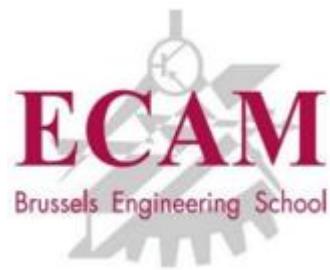
Mémoire présenté par **DEHASSELEER Romain (#180281)**

Pour l'obtention du diplôme de **Master - Business Analyst**

Année académique **2019 – 2020**

Promoteur : Monsieur **LORGE André**

Boulevard Brand Whitlock 2 - 1150 Bruxelles



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

Comment s'intègre l'intelligence artificielle dans l'industrie ?

Avec pour étude de cas la maintenance prédictive 4.0 dans la société I-care

Mémoire présenté par **DEHASSELEER Romain (#180281)**

Pour l'obtention du diplôme de **Master - Business Analyst**

Année académique **2019 – 2020**

Promoteur : Monsieur **LORGE André**

Boulevard Brand Whitlock 2 - 1150 Bruxelles

Remerciements

Je tiens à remercier le corps enseignant de l'ICHEC et de l'ECAM pour la formation qu'ils ont offerte dans ce master.

J'adresse mes remerciements sincères à mon superviseur de stage, Monsieur LORGE André pour son temps et les pistes conseillées.

Je désire exprimer ma reconnaissance envers Monsieur Di Pietro Thomas pour m'avoir accepté chez I-care. Je remercie également l'ensemble de mes collègues qui m'ont permis d'enrichir le stage.

Pour finir, j'adresse un remerciement au lecteur de ce mémoire qui a accepté de juger mon travail.

Engagement Anti-Plagiat du Mémoire

« Je soussigné, DEHASSELEER, Romain, 2019-2020, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.

Résumé de mémoire

Le mémoire porte sur les impacts de l'intelligence artificielle dans une entreprise industrielle. En observant ces derniers, les objectifs déterminent à quel point les perspectives et les limitations de ce domaine sont comprises et prises en compte dans une organisation. Il a pour but d'améliorer la compréhension du changement à venir.

Des études ont déjà été menées et il convient de vérifier de leurs pertinences avec l'expérience de terrain, mettre en avant les différences qui peuvent survenir sur les domaines sociaux, législatifs, techniques et les activités d'une entreprise.

Le mémoire met en avant le lien entre la maturité des processus et la maintenance en se basant sur la réalité du terrain et des études. L'intégration de l'intelligence artificielle s'effectue à tous les niveaux d'une entreprise et aujourd'hui encore toutes les applications de ce domaine ne sont pas couvertes dans une entreprise. De plus, la communication avec les parties prenantes se révèle importante pour mettre en œuvre les changements et les solutions intelligentes.

Les métiers évoluent, mais les entreprises peuvent bénéficier de l'intelligence artificielle à différents niveaux sans provoquer une fissure entre l'entreprise d'aujourd'hui et l'entreprise de demain. Cette continuité concerne aussi bien le développement informatique ou l'aspect législatif dont l'Union européenne travaille actuellement dessus.

Parmi les suggestions de recherche ultérieure, nous pouvons citer le développement d'algorithmes d'intelligence artificielle sur des données vibratoires, le cycle de développement itératif avec l'intelligence artificielle et l'impact de l'intelligence artificielle sur les marchés actuels.

Mots clés : intelligence artificielle, maintenance prédictive, lois, 4,0, analyse

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction.....	9
1.1	Contexte du sujet	9
1.2	Les objectifs du travail.....	3
1.3	Hypothèses.....	4
1.4	Structure du document	4
2	Impact du covid-19 sur la rédaction du mémoire	5
3	Etat de l'art.....	6
3.1	La situation de la maintenance prédictive.....	6
3.2	Études sur la maintenance prédictive	9
3.3	Comparaison des <i>roadmaps</i> 4.0 d'I-care et PwC	15
3.4	Lois européennes dans l'industrie.....	19
3.5	L'intelligence artificielle et ses perspectives	21
3.6	Les différents types d'intelligence artificielle	29
3.7	Méthodologie avec l'intelligence artificielle	31
3.8	L'impact social de l'intelligence artificielle	34
3.9	Concevoir une interface graphique intégrant l'IA	38
4	Mise en contexte de l'intelligence artificielle dans les projets	41
4.1	Contribution personnelle et enjeux de l'IA.....	41
4.2	<i>Business Model Canvas</i> d'I-care avec l'IA.....	42
4.3	Analyse stratégique d'I-care	43
4.4	La stratégie d'I-care avec les projets 4.0	59
4.5	Le projet I-mining : l'IA en support	60
4.6	Le projet I-extract : l'IA dans le <i>core business</i>	65
4.7	Le projet Smart R4F : l'IA sur le long terme.....	75
4.8	Le projet Pi-AI : l'IA collaborative	78
4.9	L'ingénieur fiabilité de demain : formation 4.0.....	79
5	Discussion.....	80
6	Conclusion	81
7	Bibliography	83

8	Glossaire	88
---	-----------------	----

Liste des figures

Figure 1	Gamme de produits du Wi-care	7
Figure 2	Représentation de la maturité de la maintenance prédictive dans les industries européennes	8
Figure 3	Comparaisons des niveaux de maturité des entreprises en 2017 et 2018	12
Figure 4	Le futur de la maintenance prédictive dans les entreprises.....	13
Figure 5	<i>Roadmap 4.0</i> d'I-care	15
Figure 6	Exemples de transfert vers la plateforme cloud d'I-care	16
Figure 7	Exemple de <i>dashboard</i>	16
Figure 8	<i>Roadmap 4.0</i> proposée par PwC	17
Figure 9	Études sur la maintenance prédictive	25
Figure 10	Schéma de fonctionnement du MI.....	32
Figure 11	Exemple des étapes préparatoires à un projet	37
Figure 12	Radar d'Icare sur les 5+1 forces de Porter.....	50
Figure 13	Value Shop	57
Figure 14	Objectifs du projet I-minig.....	61
Figure 15	Flux d'actions dans Orange	63
Figure 16	Contexte des bases de données MHM	66
Figure 17	Interface I-Extract	67
Figure 18	Processus d'obtention des données MHM	68
Figure 19	Processus du <i>machine learning</i>	69
Figure 20	Schéma de fonctionnement du ML	70

Liste des tableaux

Tableau 1 Liste des différents niveaux de maturité dans la maintenance prédictive	7
Tableau 2 Comparaison des coûts pour le remplacement d'une machine	11
Tableau 3 : Explication des notions du <i>machine learning</i> supervisé	30
Tableau 4 Feuille de route pour une IA éthique	39
Tableau 5 Grille d'observation	41
Tableau 6 BMC d'I-care	42
Tableau 7 Les DAS d'I-care	45
Tableau 8 STEEPLE d'I-care.....	46
Tableau 9 Marché de la maintenance prédictive en milliards	51
Tableau 10 Modèle VRIN d'I-care	54
Tableau 11 Chaîne de valeur d'I-care	56
Tableau 12 SWOT d'I-care	59
Tableau 13 Tableau d'I-mining : critère éthique de l'IA	64
Tableau 14 Tableau de l'impact de l'IA sur le court terme	64
Tableau 15 Premières estimations de la taille des bases de données MHM en format JSON.....	72
Tableau 16 Tableau d'I-extract : critère éthique de l'IA	73
Tableau 17 Tableau de l'impact de l'IA sur le moyen terme	74
Tableau 18 Impact de Smart R4F sur la <i>roadmap</i>	77

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DU SUJET

Ce document s'inscrit dans le cadre du master en alternance de Business Analyst, organisé conjointement par l'ICHEC Brussels Management School et l'ECAM Brussels Engineering School, en vue d'obtenir le diplôme octroyé à l'issue de la session de juin 2020.

Installée à Mons, I-care¹ est une PME² présente dans le monde entier dans le domaine de la maintenance prédictive. Sur le site internet de l'entreprise (www.icareweb.com), sa mission est définie comme suit : proposer à ses clients une solution globale dans la gestion de la maintenance

¹ Industrial Consulting Automation Research Engineering

² Petites et Moyennes Entreprises

des équipements industriels afin que ceux-ci puissent faire des économies et éviter l'arrêt de ligne de production. Les services principaux offerts par l'entreprise sont *la maintenance prédictive et la fiabilité*.

Les clients sont des industries (*B2B*³) provenant entre autres du secteur énergétique, équipementiers et pharmaceutiques. Selon une communication interne, I-care, avec 400 employés, a réalisé en 2019 un chiffre d'affaires de 44 millions d'euros.

Ayant participé aux projets informatiques d'I-care pendant ces deux dernières années, une partie de la société a pu remarquer que l'intelligence artificielle offrait des perspectives plus qu'intéressantes pour le développement des activités. Ces perspectives vont peut-être changer drastiquement les rôles des personnes dans l'entreprise, sa stratégie et ses activités. C'est cet impact que nous allons aborder en profondeur.

Avant toute chose, il convient de définir ce qu'est la maintenance prédictive ainsi que d'appréhender ses enjeux : la discipline analyse et caractérise les problèmes présents sur une machine afin d'en déterminer la sévérité. Le processus se termine par une évaluation globale de la machine dans laquelle l'analyste décrit l'état de fonctionnement de la machine. Si les problèmes sont jugés importants, le remplacement des pièces permet d'éviter le rachat de nouvelles machines. Cette démarche assure une économie sur l'entretien de ces dernières et une amélioration de la production en continu.

Selon une étude de Frost & Sullivan⁴ de 2013, le secteur de la maintenance prédictive est désireux de mettre à profit les perspectives de l'IA⁵. On suppose une plus-value dans les processus et des réductions de coûts internes de l'entreprise offerts par ce domaine. Aujourd'hui, les perspectives présentent une telle importance qu'elles jouent un rôle incontournable dans les stratégies des entreprises et les initiatives de développement des solutions intelligentes. Néanmoins, nous verrons l'importance d'établir un cadre afin que la transition puisse suivre les nouvelles découvertes liées à l'intelligence artificielle.

Dans ce contexte, *comment s'intègre l'intelligence artificielle dans l'industrie* ? Nous observerons au travers du cas d'étude les impacts de la discipline sur le court, moyen et long terme. Nous étudierons les changements abordés par les impacts de l'intelligence artificielle. Sur le plan économique, la Région wallonne et l'Union européenne agissent comme moteurs de développements économiques en allouant des subsides au travers de projets.

À travers le cas d'étude, nous dresserons un bilan des impacts de l'intelligence artificielle et de l'appréhension qu'elle suscite de la part des parties prenantes concernées par les nouvelles

³ *Business to Business* : les clients d'une entreprise sont d'autres entreprises.

⁴ Entreprise de conseil et de recherche

⁵ Intelligence artificielle

solutions intelligentes. Un point d'attention sur la communication autour des solutions sera émis pour nous permettre de comprendre les inquiétudes des protagonistes.

Cependant, les employés de l'entreprise sont principalement des ingénieurs et nous évoquerons le fait qu'ils seraient plus à même de transformer l'intelligence artificielle en réel support dans leurs activités (avec les outils adéquats) que dans un environnement moins mathématique.

Le master a pour but l'amélioration des processus informatique d'une entreprise. Nous retiendrons qu'il se concentre plus sur les applications de gestion au détriment d'autres domaines dans lesquels le rôle du *Business Analyst* peut se révéler plus important, comme les projets 4.0⁶ industriels. En ce qui concerne les différents domaines énumérés (la maintenance prédictive et l'intelligence artificielle), il existe une différence de connaissance entre le grand public et les experts de ces domaines. Ce sont ces points d'améliorations que nous allons aussi aborder plus en profondeur.

1.2 LES OBJECTIFS DU TRAVAIL

Après avoir contextualisé le sujet, il est désormais temps d'énumérer les objectifs nécessaires pour aborder plus en profondeur la question de recherche. Après de multiples recherches et projets, la contribution de ce mémoire permettra :

- de déterminer les facteurs clés⁷ pour la compréhension de l'intelligence artificielle ;
- d'observer les impacts de l'intelligence artificielle sur la commercialisation des équipements intelligents des industries (commercialisation) ;
- de mesurer l'impact de l'intelligence artificielle sur les activités des employés ;
- d'évaluer les changements dans le développement informatique ;
- d'établir une analyse stratégique pour favoriser les décisions du management.

⁶ Les projets 4.0 concernent des projets « intelligents » intégrant principalement la robotique, l'intelligence artificielle et le *big data* dans leurs spécifications

⁷ Élément essentiel à prendre en considération dans l'élaboration de la stratégie d'entreprise

1.3 HYPOTHÈSES

Ayant côtoyé les employés d'I-care durant presque deux ans, nous supposerons que l'industrie 4.0 est connue de ceux-ci. L'étude de Frost & Sullivan publiée en 2013 présente la notion d'industrie 4.0. Aujourd'hui, l'entreprise affirme être ancrée dans l'industrie 4.0, sur le plan stratégique, il est pertinent de considérer qu'elle a dû avoir la capacité d'intégrer l'intelligence artificielle dans ses activités.

Le service d'I-care implique l'analyse d'équipements à l'aide de capteurs. I-care a créé en 2013 son premier capteur (le Wi-care)⁸ et l'a vendu mondialement. Sur le plan commercial, les clients sont des entreprises industrielles, pour lesquelles I-care a dû se conformer à des certifications strictes. Parmi les plus utilisées, nous retrouvons les certifications ATEX⁹ et IECEX¹⁰. Sur le plan législatif, il convient d'effectuer un état de l'art en ce qui concerne les certifications requises pour l'intelligence artificielle.

1.4 STRUCTURE DU DOCUMENT

Nous commencerons tout d'abord par l'état de l'art de la maintenance prédictive avec l'intégration de l'intelligence artificielle dans les processus. Nous nous appuierons sur des études pour analyser I-care et mettre en avant les différences existantes. Pour les aspects légaux, nous allons définir l'ensemble des aspects et concepts les plus importants. Nous expliquerons ensuite l'intelligence artificielle sur les plans éthiques, économiques et informatiques. En dernier lieu, nous découvrirons comment améliorer positivement l'intégration de l'intelligence artificielle dans une entreprise.

La deuxième partie du travail consiste à considérer le cas d'étude en nous basant sur les éléments découverts dans la première partie. Tout d'abord, nous commencerons par une analyse stratégique de l'entreprise avec l'intelligence artificielle. Nous étudierons par la suite différents projets de l'entreprise pour appuyer l'analyse stratégique. La contribution personnelle sera exposée dans ces parties avec l'élaboration de critères éthiques pour les applications intelligentes et l'intégration de l'intelligence artificielle dans la stratégie. En conclusion, nous réaliserons le bilan de cette étude en mettant en évidence les points d'approfondissement futurs.

⁸ Le Wi-care est un capteur de mesure sans fil développé par I-care. Il permet la supervision de machines industrielles à distance.

⁹ Les certifications ATEX énumèrent les règles et normes de sécurité pour l'utilisation des équipements dans des zones dangereuses où un risque d'explosion est réel.

¹⁰ L'IECEX est un système d'évaluation de la conformité des produits pour les zones dangereuses similaire aux normes ATEX, mais pour des pays non européens (Chine, Etats-Unis, Russie, Brésil). Elle permet aussi l'obtention de la certification européenne ATEX.

2 IMPACT DU COVID-19 SUR LA RÉDACTION DU MÉMOIRE

Le confinement dû à la COVID-19 a perturbé la méthodologie destinée à récolter les données initialement prévues. Cette dernière reposait sur une plus grande communication physique avec les différentes parties prenantes. L'organisation du travail ayant changé, la collecte des informations s'est faite sur la base des rapports écrits et de mon retour d'expérience à travers les projets.

3 ETAT DE L'ART

3.1 LA SITUATION DE LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Une transformation peut changer drastiquement une entreprise. Avant tout chose, il convient de définir les impacts sur la société elle-même. Nous devons comprendre l'importance de la transition dans ce secteur. À l'image d'une société avec un site d'e-commerce¹¹, il nous faut décrire les changements que l'intelligence artificielle apporte dans les processus.

Lorsque nous parlons d'intelligence artificielle dans le secteur de l'industrie, nous appelons cela l'industrie 4.0 ; il convient de considérer que « [...] l'industrie 4.0 désigne les technologies et procédés industriels permettant de faire communiquer et interagir tous les acteurs d'un processus de production. » (Fred Cavazza, site internet, 2013, para.1). Elle constitue l'automatisation et l'adaptation des machines pour faciliter la prise de décisions (automatique ou non).

Le cas d'étude porte sur une entreprise qui offre un service de maintenance prédictive. En partant de la définition de l'industrie 4.0, nous pouvons décrire la maintenance prédictive 4.0¹² comme l'analyse intelligente des problèmes qui permet des prises de décisions automatiques.

Nous pouvons tirer comme conclusion que, si les activités du secteur demeurent inchangées, de nouveaux outils constitueront les futures solutions destinées à répondre aux nouveaux besoins. Ces nouveaux outils permettront d'améliorer le processus (la maturité) de maintenance prédictive chez les clients d'I-care.

3.1.1 LA MATURETÉ DE LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE

La maturité représente l'évolution d'un fonctionnement sur la base de critères ou de niveaux de complexité. Elle est décrite de manière générale comme une échelle de 4 à 5 niveaux¹³ :

1. Fonctionnement de base : qualité de service irrégulière, aucune méthodologie particulière ni de respect des conformités ;
2. Fonctionnement défini et planifié : l'amélioration continue assure une meilleure qualité de service, une méthodologie existe et les non-conformités se raréfient ;
3. Fonctionnement maîtrisé : la qualité de service s'oriente vers la satisfaction client et l'entreprise s'adapte et améliore ses processus en permanence ;
4. Fonctionnement optimisé : l'optimisation des coûts et de la performance chez les clients sont les clés de la qualité de service, avec un axe économique impliquant un minimum d'investissement pour une rentabilité maximale.

¹¹ Site de commerce (vente) en ligne, exemple Amazon.

¹² Domaine qui prédit les problèmes d'une machine avec le support de l'intelligence artificielle.

¹³ Il est conseillé de se documenter sur le CMMI si le sujet intéresse le lecteur. L'explication fournie dans ce contexte vise à comprendre les prochaines études et à situer l'intelligence artificielle dans cette maturité.

Il s'avère intéressant de comprendre le lien entre la maturité et la maintenance prédictive. Nous remarquons une similitude entre les différentes méthodes (niveaux) de la maintenance prédictive et la maturité.

Tableau 1 Liste des différents niveaux de maturité dans la maintenance prédictive

Niveau	Nom	Lien avec la maturité
1	Inspections visuelles	Fonctionnement de base
2	Inspections instrumentales	Fonctionnement défini
3	Surveillance de l'état en temps réel	Fonctionnement maîtrisé
4	Maintenance prédictive 4.0	Fonctionnement optimisé

Sur le plan technologique, nous constatons une hiérarchie très logique dans le processus de maturité. Afin de mieux situer les impacts de la maturité, nous allons définir l'ensemble de ces niveaux selon les documents internes à I-care. Le premier niveau représente la base d'une inspection : l'inspection visuelle. Ce niveau requiert une personne et les conclusions sur l'état de fonctionnement d'une machine sont subjectives. La méthodologie soulève deux questions : d'une part comment des défauts peuvent-ils être détectés et d'autre part comment les inspections sont-elles organisées ? Nous émettrons une première hypothèse selon laquelle les machines ne sont pas arrêtées. Sur le plan économique, un arrêt entraîne une perte économique importante. En effet, un arrêt **signifie un arrêt total de la production** est donc une perte d'argent pour l'entreprise. Ainsi, il convient d'effectuer les arrêts uniquement quand cela est nécessaire, par exemple lors du remplacement des machines en fin de vie.

Le second niveau instrumentalise la discipline. Selon PwC (2018), il constitue le niveau le plus courant dans les entreprises. Il combine l'expertise d'un analyste avec des outils de mesure. Ce niveau permet de détecter avec plus de précision l'ensemble des problèmes sur une machine ainsi que leur importance respective. La reconnaissance de ces derniers va permettre de prévoir en amont le changement d'une pièce dans une machine et d'éviter ainsi un arrêt de production inopiné. Avant la sortie de son produit Wi-care, un capteur sans fil, en 2013, I-care offrait un service de niveau deux. Après 2013, l'entreprise commence à fournir une solution de niveau trois.



Figure 1 Gamme de produits du Wi-care

Source : I-care. (2020, 05 09). La gamme de produits Wi-care™. Récupéré sur icareweb : <https://www.icareweb.com/fr-be/outils-de-monitoring/les-produits-i-care/>

Le troisième niveau se caractérise par une surveillance et une analyse des données en temps réel de l'équipement à distance. Il permet l'automatisation d'une tâche consommatrice de temps, à savoir la prise de mesure.

Le quatrième niveau intègre les outils intelligents. Il s'obtient par l'emmagasinement des données sur de nombreuses années et le développement d'algorithmes intelligents. La surveillance des équipements devient complète, avec une notion de proactivité à travers les outils. C'est dans ce cadre que se retrouve le cas d'étude : la maintenance prédictive 4.0.

Pour conclure, nous constatons au fur et à mesure des niveaux que l'importance de l'informatique s'accroît jusqu'à contribuer à l'intervention de l'intelligence artificielle dans le dernier niveau. Les premiers avantages de la maintenance prédictive s'avèrent l'amélioration de la disponibilité des équipements et la réduction des coûts. Sur le plan économique, il devient plus avantageux de remplacer une pièce que de remplacer l'équipement industriel. Nous comprenons pourquoi le milieu industriel est le principal client de ce domaine.

3.1.2 LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE ET LES INDUSTRIES EUROPÉENNES

Nous avons vu que l'intelligence artificielle se situe au dernier niveau. Selon l'étude de PwC¹⁴(2018) intitulée « *Beyond the hype* », nous constatons un faible pourcentage pour le niveau quatre. Nous constatons que le niveau deux est majoritaire. En comparaison, la première version du capteur sans fil d'I-care (solution de niveau trois) fut finalisée en 2013. Ainsi, malgré la présence de nouvelles solutions pour renforcer le niveau de maturités dans les entreprises, le changement dans les industries est lent¹⁵. Ce phénomène s'explique par l'aspect financier, mais aussi de remplacer une machine en fin de vie si cette dernière continue de fonctionner.

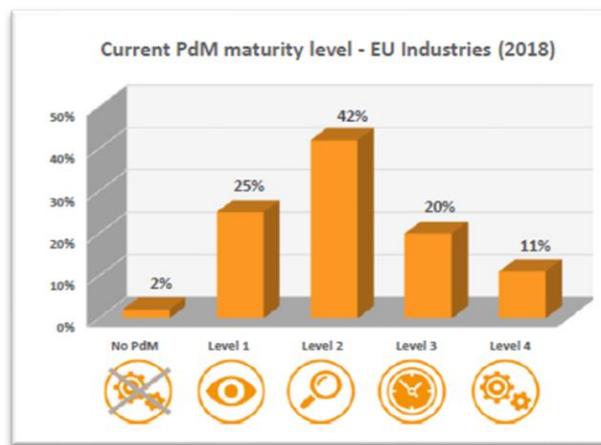


Figure 2 Représentation de la maturité de la maintenance prédictive dans les industries européennes

Source : PwC(2018). *Beyond the hype*. Récupéré de <https://www.pwc.be/en/documents/20180926-pdm40-beyond-the-hype-report.pdf>, p.14.

¹⁴ PwC est un regroupement d'entreprises spécialisées dans les audits à destination des entreprises

¹⁵ Ce point est justifié dans l'analyse de l'étude de PwC

L'aspect financier représente un critère important : les solutions les plus avancées sont couteuses pour les entreprises, malgré le retour sur investissement seul un faible nombre d'entreprises est au plus haut niveau de maturité. Ce niveau développe des solutions intelligentes plus complexes.

Pour conclure, la maturité d'une entreprise dans la maintenance prédictive va définir la solution à utiliser. Pour le développement des outils intelligents, la connaissance métier et les compétences informatiques pour l'élaboration des solutions sont obligatoires.

3.2 ÉTUDES SUR LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Dans ce chapitre, nous parcourrons les différentes évolutions de la maintenance prédictive sur une période de sept ans, entre 2013 et 2020. Nous pourrons poser les bases et comprendre les enjeux industriels de l'intelligence artificielle. À travers deux études différentes, nous décrirons l'intelligence artificielle avec ses perspectives et ses facteurs les plus importants pour les entreprises. La conclusion mettra en avant les points similaires et permettra de mieux cerner l'intelligence artificielle dans ce domaine.

3.2.1 ÉTUDE DE FROST & SULLIVAN

Selon l'étude de Frost & Sullivan¹⁶ de 2013, il y a un intérêt pour de nouveaux produits à destination du secteur de la maintenance prédictive. L'étude dresse un constat des perspectives que nous allons passer en revue par la suite. En dépit de son ancienneté, l'étude se révèle intéressante par l'éclairage qu'elle apporte sur les aspects technologiques, les facteurs clés de succès, les défis que les compagnies du secteur rencontrent et par là-même elle permet de confirmer que le changement s'articule lentement dans l'industrie. Afin de rester dans le cadre du mémoire, l'analyse de l'étude se concentra sur les parties liées à l'intelligence artificielle. Selon Frost & Sullivan (2013), les facteurs clés liés directement ou indirectement à l'intelligence artificielle résultent d'une optimisation des enjeux, comme le souligne le tableau suivant :

Table 1 Liste des facteurs en lien avec l'intelligence artificielle

Facteurs	Lien avec l'intelligence artificielle
Capteur intelligent (utilisation d'algorithme d'analyse)	L'application d'algorithme d'intelligence artificielle représente le lien direct avec les capteurs intelligents (pour I-care).
Near zero downtime¹⁷	Facteur indirect qui peut être influencé (les solutions intelligentes sont plus précises que l'humain)
Faible taux d'adoption des logiciels de maintenance prédictive (PDM)	L'engouement autour de la maintenance prédictive et de l'intelligence artificielle devrait augmenter le taux d'adoption. Cette

¹⁶ Société spécialisée dans les conseils à destination des entreprises et les études de marchés.

¹⁷ Le *Near Zero Downtime* (temps d'arrêt presque nul) est un paramètre qui réduit au strict minimum les arrêts de productions. C'est un des critères les plus utilisés pour promouvoir la maintenance prédictive.

	partie sera traitée plus en détail dans la suite du document.
Reconnaissance des <i>patterns</i>	Les algorithmes d'intelligence artificielle sont capables de reconnaître les <i>patterns</i> .
Création de consortiums pour réduire le coût de développement des solutions	Pour pouvoir concurrencer les grands groupes, les entreprises de taille moindre doivent collaborer pour rester concurrentielles.

Nous allons détailler l'ensemble des facteurs retenus pour comprendre l'impact de l'intelligence artificielle. Le premier point que l'étude soulève porte sur le développement de capteurs intelligents. Par cette appellation, l'étude considère des capteurs sans fil avec des algorithmes d'analyse.

Cette demande intervient dans un secteur où le manque d'innovation dans les méthodes de travail ressort depuis de nombreuses années. Nous justifions dans le précédent chapitre que l'innovation et l'adoption des technologies ont un coût que les entreprises peuvent refuser de justifier, en effet une maturité plus élevée peut impliquer un retour sur investissement plus faible.

L'étude soulève un autre point : l'analyse des équipements doit être la plus optimisée possible afin de minimiser les arrêts et répondre au critère du *Near zero downtime (requirements for plant Equipment)*¹⁸. Pour répondre au mieux à ce critère, les outils utilisés doivent produire des analyses efficientes (à l'aide de l'intelligence artificielle), tout en permettant la gestion d'un parc industriel dynamique, à l'image d'une salle de contrôle.

À l'époque, l'étude soulève l'intérêt de fournir des processus de maintenance plus avancés. Bien que cela soit pertinent, l'automatisation représente un coût et révèle une maturité élevée de la maintenance prédictive. Il en résulte qu'une solution parfaite avec une maturité moindre s'avère impossible à cause de l'efficacité moindre des outils.

La maintenance prédictive consiste principalement en un service offert à une entreprise (*B2B*¹⁹). Ainsi, si nous émettons l'hypothèse que le changement d'une pièce coûte moins cher que le remplacement complet d'une machine entière, la rémunération du service doit rester avantageuse pour l'entreprise cliente. Les clients peuvent justifier l'impression d'un manque de rentabilité (si aucun remplacement n'est fait, le service peut se transformer en coût) et forcer les entreprises à brader les prix, ce qui rend plus complexe le retour sur investissement.

Pour appuyer le propos, selon l'entreprise Eoda dans une présentation *Predictive Maintenance with R*²⁰(2014), l'avantage économique est un facteur clé. Sur le plan économique, le tableau ci-dessous permet de prendre conscience du *ROI*²¹ que nous avons cité précédemment.

¹⁸ Near zero down time requirements for plant Equipment : temps d'arrêt quasi nul pour les équipements d'usine

¹⁹ Pour rappel B2B (Business to Business) décrit une entreprise dont les clients sont d'autres entreprises.

²⁰ *Predictive Maintenance with R*,20144. La présentation de l'avantage économique se trouve à la slide 10 : https://fr.slideshare.net/eoda_Analytics/predictive-maintenance-with-r

²¹ *Return Of Investment*

Tableau 2 Comparaison des coûts pour le remplacement d'une machine

	Coût pour le remplacement de la pièce	Coût pour le remplacement total
Réparation à la place du remplacement d'un palier	30.000\$	250.000\$
Prix réduit de la grue	75.000\$	150.000\$
Revenu perdu	2.000\$	26.000\$
Total	107.000\$	426.000\$

Source : Eoda. (2014). Predictive Maintenance with R. Récupéré le 20 avril 2020 de https://fr.slideshare.net/eoda_Analytics/predictive-maintenance-with-r

Pour conclure, nous pouvons donc constater que la maintenance prédictive possède une réelle plus-value économique pour le client. Nous pouvons dégager deux types d'avantages pour le client : le retour sur investissement et la value perçue du service. Sur le plan économique, le premier propose une économie importante. Le second critère est subjectif et dépend du risque évité : si un arrêt de production a été évité, la plus-value de la maintenance prédictive ne fait aucun doute.

Cependant, il y a un point important à mettre en avant qui est la stratégie de management des entreprises clients par rapport à la maturité. En effet, les changements quant aux outils pour les prises de mesures et la méthode de travail n'évoluent presque pas ces dernières années.

Nous verrons dans la comparaison avec les roadmaps des entreprises que ce processus tant à changer et à tirer profit des nouvelles solutions, mais lentement. Il y a pourtant un net avantage à utiliser la maintenance prédictive : réduction des couts de maintenance, réduction de temps d'arrêt d'une machine et accroissement des profits générés.

3.2.2 ÉTUDE DE PWC SUR LA MAINTENANCE PRÉDICTIVE

Nous allons nous pencher sur une autre étude portant sur 268 entreprises publiée par PwC en 2018, cinq ans après celle du cabinet Frost & Sullivan. Elle souligne l'augmentation ainsi que l'utilisation des données dans la maintenance prédictive. **Cette étude souligne l'importance de l'utilisation des données dans la maturité de l'entreprise.**

Cette utilisation des données apparait vitale pour la prise de décision autour de la fiabilité des équipements mais également dans le but de réduire le nombre d'incidents et de pannes tout en bénéficiant des précédents avantages cités au cours du document. La seconde problématique, qui sera mise plus en avant dans les prochains chapitres sur l'intelligence artificielle, soulève le fait que la diversité des équipements industriels rend plus complexe l'accès au niveau de maturités supérieures.

En effet, le gain de maturité implique une infrastructure spécifique pour valoriser les données, à savoir des logiciels, des capteurs sans fil et de l'intelligence artificielle, au contraire des premiers

niveaux pour lesquels l'utilisation des données est moindre, tout comme la technologie. L'étude met l'accent sur la multitude d'applications rendues possibles avec l'essor de ces données. Ces dernières proviennent de multiples sources comme des capteurs internes/externes²², l'utilisation de l'*IoT*²³ mais aussi les rapports de santé produits par les analystes.

Cependant, nous devons considérer l'engouement pour la maintenance prédictive décrit par l'étude. Elle considère le domaine comme ayant du potentiel, or cela démontre bien le manque de visibilité et d'innovation du domaine pour le grand public alors que des entreprises du secteur existent depuis plusieurs dizaines d'années. Le décalage entre les ingénieurs connaissant le domaine et l'absence de connaissance du grand public peut être comparé à celui de l'intelligence artificielle : une fois que le domaine a été connu, les entreprises ont pu explorer de nouvelles opportunités.

En dehors de la popularité autour de la maintenance prédictive depuis quelques années, il nous faut rappeler également la première difficulté y afférant, à savoir que la multitude d'équipements amoindrit la richesse de l'information pour les outils d'analyse avancés. A contrario, si le client possède des équipements semblables, il pourra développer une maturité élevée plus facilement. En revanche, s'il possède une gamme diversifiée d'équipement, le développement de la maturité sera plus complexe et risque de coûter plus cher.

L'étude s'étant déroulée sur deux ans, nous pouvons comparer la différence des niveaux de maturité entre 2017 et 2018. Nous apprenons de cette comparaison une augmentation singulière de la maturité des entreprises dans la maintenance prédictive sur une année. La maturité du niveau deux, plus simple à mettre en place et nécessitant moins d'investissement peut-être la raison qui explique la diminution du niveau trois de la maintenance prédictive. La tendance s'oriente vers un renforcement de la maturité ce qui nous permet d'affirmer que le secteur gagne en intérêt pour les entreprises.

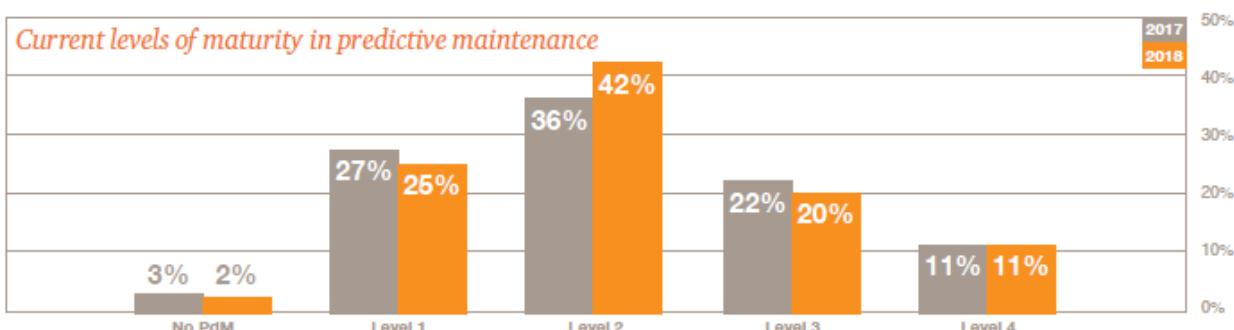


Figure 3 Comparaisons des niveaux de maturité des entreprises en 2017 et 2018

Source : PwC(©2018). *Beyond the hype*. Récupéré le 25 avril 2020 de <https://www.pwc.be/en/documents/20180926-pdm40-beyond-the-hype-report.pdf>, p.14.

²² Les capteurs peuvent avoir comme source la température, l'humidité, la vitesse du vent, etc.

²³ *Internet of Things* : internet des objets ; domaine qui se réfère notamment aux objets connectés.

L'étude nous projette plus loin en fournissant d'autres informations sur le futur de la maintenance prédictive dans les sociétés et en mettant en évidence que toutes les entreprises interrogées sont conscientes des intérêts et mettent en place des projets. Nous constatons la tendance d'un accroissement d'intérêt pour la maintenance prédictive.

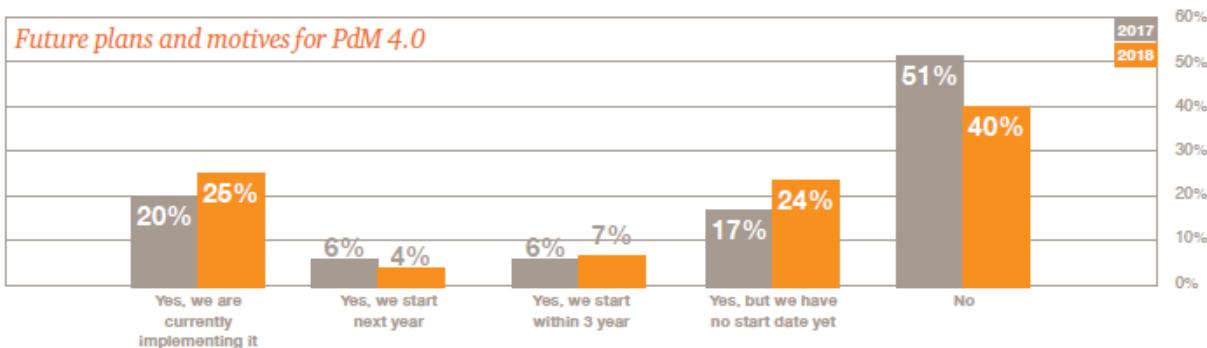


Figure 4 Le futur de la maintenance prédictive dans les entreprises

Source : PwC(©2018). *Beyond the hype*. Récupéré le 25 avril 2020 de <https://www.pwc.be/en/documents/20180926-pdm40-beyond-the-hype-report.pdf>, p.14.

Si nous combinons les deux derniers tableaux, nous comprenons le renforcement de la maturité de niveau deux qui correspond à l'enthousiasme des entreprises pour la maintenance prédictive. Ainsi, nous examinons un renforcement de leur maturité avec un niveau équivalent à un faible investissement par rapport au *ROI* effectivement généré. De cette manière, les entreprises améliorent plus facilement la fiabilité de leurs équipements sans avoir à investir spécifiquement pour les niveaux futurs. Bien que ces entreprises soient gagnantes, selon PwC ce n'est qu'une étape en vue de digitaliser dans le futur les activités plus profondément.

3.2.3 CONCLUSION

Nous pouvons conclure ce chapitre sur l'analyse de ces deux études. Tout d'abord, que pouvons-nous en retirer ? Une première remarque pourrait être faite sur la date des études. Cependant, les informations autour du secteur de la maintenance prédictive restent rares et particulièrement méconnues du grand public, en démontre l'étude de PwC.

Ensuite, les deux études portent ensemble des conclusions similaires : il s'agit d'un secteur dans lequel l'innovation est demandée, voire nécessaire pour la survie des entreprises mais demeure difficile à mettre en œuvre en raison du manque de visibilité et du fait qu'il faut convaincre le client du retour sur investissement qu'il obtiendra. À ce titre, les équipements futurs (du domaine) doivent tirer profit des technologies sans fil et s'éloigner des anciennes pratiques manuelles afin de s'orienter vers une démocratisation du domaine.

Cependant, PwC soulève un point qui peut sembler trompeur. Le cabinet a réalisé une étude de l'utilisation de la maintenance prédictive 4.0 dans des entreprises dont le *core business* n'est pas la

maintenance prédictive (Infrabel²⁴). Ainsi, la maintenance prédictive est encore un sujet qui semble complexe pour construire directement une approche 4.0 en s'affranchissant des étapes préalables à une bonne maintenance (les connaissances métiers).

Un autre aspect est la présence de l'intelligence artificielle qui dispose d'une belle perspective dans le domaine. Cependant, nous insistons sur la complexité d'utiliser les données pour créer des prédictions sur ces dernières. En effet, l'interprétation nécessite une très bonne connaissance du terrain et le personnel adéquat pour l'intégration de l'intelligence artificielle.

Cependant, il existe une erreur récurrente lorsque l'on parle d'industrie 4.0, selon laquelle « tous les équipements communiquent entre eux sans problème ». La réalité montre que ce résultat n'est permis que par des tiers²⁵ qui facilitent la communication en standardisant le processus de communication. Ainsi, ce sont des écosystèmes qui communiquent entre eux et non les équipements directement. Nous devons prendre cela en compte dans la complexité de la maturité industrielle et l'impact de l'intelligence artificielle sous-jacent : **une solution unique n'est pas envisageable.**

Nous devons considérer que même si le retour sur investissement peut s'avérer faible initialement, la transition vers le dernier niveau de maturité permettra une optimisation des coûts internes des sociétés, mais aussi d'accroître la visibilité du domaine. Par ailleurs, l'engouement autour de la maintenance prédictive devrait dans les prochaines années être de plus en plus visible et donc apporter de nouveaux clients à ce secteur.

²⁴ Infrabel est une société responsable de l'infrastructure ferroviaire belge.

²⁵ C'est notamment le cas d'OSISOFT qui distribue ce type de solution

3.3 COMPARAISON DES ROADMAPS 4.0 D'I-CARE ET PWC

Dans cette partie, nous nous concentrons sur la comparaison de la *roadmap* 4.0²⁶ d'I-care et l'approche proposée par PwC qui contribue aux études précédentes. Cette comparaison nous permettra de mettre en évidence les différences entre une entreprise dans laquelle la maintenance prédictive est une activité prometteuse et une entreprise dans laquelle la maintenance prédictive représente le *core business*. Avant de procéder à cette comparaison, nous devons définir la *roadmap* pour comprendre pleinement le chapitre : « *la roadmap ou feuille de route est un instrument pragmatique et puissant permettant la planification et la prévision de l'évolution future.* » (Roadmap.fr, 2020). En d'autres mots, elle permet étape par étape de planifier un objectif, de l'atteindre, de le vérifier et d'ajuster la solution ; cela de manière continue. Enfin, il convient de déterminer la place de l'intelligence artificielle dans le *PDCA*²⁷ pour ces entreprises.

3.3.1 ROADMAP D'I-CARE

La roadmap d'I-care, document interne à l'entreprise, se fonde sur le *PDCA*. Tout d'abord, nous retrouvons dans le « *Plan* »: **l'assess** et **l'identify**. L'**assess** se concentre sur les besoins du client afin de connaître les manques éventuels dans son organisation pour commencer les projets 4.0. Ces manques peuvent être dus à la culture, à la sécurité des données ou au budget. La seconde étape, **l'identify**, consiste à l'identification d'une machine éligible pour une *POC*²⁸, afin de montrer comment tirer profit de la maintenance prédictive et aider le client à choisir les capteurs et appareils de mesure appropriés à ses besoins.



Figure 5 Roadmap 4.0 d'I-care

Dans le « *Do* », nous retrouvons le **generate** et **collect**. I-care s'assure **de générer** les données nécessaires afin de les stocker dans sa plateforme pour des analyses futures. Ces étapes vont permettre de commencer le travail sur l'analyse du processus. La plateforme d'I-care est ouverte à une variété de sources de données comme des capteurs (*Series*²⁹), des données tierces et les données historiques du logiciel MHM (Historian).

²⁶ Une roadmap est une feuille de route décrivant les actions stratégiques pour atteindre un objectif. La notion 4.0 intègre l'intelligence artificielle dans ces actions.

²⁷ *Plan Do Check Act* provient de la roue de Deming et concerne la gestion de la qualité dans une organisation

²⁸ *Proof Of Concept* (preuve de concept) : prototype démontrant qu'un projet est réalisable, qu'une solution (non optimisée) fonctionne actuellement.

²⁹ La 100-Series fait référence au premier Wi-care

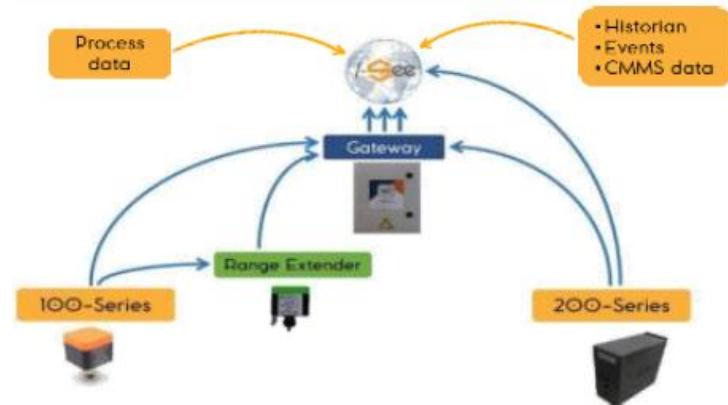


Figure 6 Exemples de transfert vers la plateforme cloud d'I-care

Dans le « *Check* », nous remarquons l'apparition de l'intelligence artificielle. En effet, l'étape se concentre sur l'utilisation d'outils intelligents fondés sur les données des clients. Nous comprenons que les résultats données par l'IA dépendent des données préalables et de leur signification, à savoir qu'il nous faut analyser le passé pour être en mesure de prédire le futur état de fonctionnement d'un équipement et ce dans l'optique de prendre de meilleures décisions et plans d'actions associés. Nous modéliserons de cette manière l'ensemble des informations nécessaires à l'établissement d'une IA pour résoudre un problème.

La dernière étape du « *Check* » est le ***visualize***. Afin de prendre les décisions idoines, les données doivent être représentées afin que nous puissions les interpréter correctement. Ceci peut être effectué à l'aide de *dashboard* et plus spécifiquement de *KPI*³⁰ pour le projet (dépendant des équipements et des besoins).



Figure 7 Exemple de dashboard

Source : Sharma(2018) How Machine learning Algorithms Works: An Overview. Récupéré le 15 mai 2020 de <https://vinodsblog.com/2018/10/29/how-machine-learning-algorithms-works-an-overview/>

³⁰ Indicateurs clés de performance (*Key Performance Indicator*) : métriques qui permettent d'évaluer la performance d'un domaine, dans ce cas-ci : l'état de fonctionnement des équipements industriels.

Nous pouvons finir cette analyse sur le « *Act* » du *PDCA* qui consiste en la transformation des données en requêtes de travail, permettant ainsi de digitaliser la maintenance des opérations. Pour conclure, nous voyons que l'intégration de l'intelligence artificielle dans la *roadmap* d'I-care représente un élément clé dans son *business* et qu'elle se présente sous une forme applicative.

3.3.2 ROADMAP PROPOSÉE PAR PWC

Dès lors que nous avons analysé la *roadmap* d'une entreprise en pratique, nous pouvons la mettre en perspective avec la *roadmap* décrite dans l'étude de PwC. La *roadmap* se compose de six étapes pour l'instauration de la maintenance prédictive dans une entreprise. Pour mémoire, elle se veut destinée aux entreprises qui envisagent d'intégrer ce domaine à leurs activités.



Figure 8 *Roadmap 4.0* proposée par PwC

Source : PwC (©2018). *Predictive Maintenance 4.0 Beyond the hype*. Récupéré le 25 avril 2020 de <https://www.pwc.be/en/documents/20180926-pdm40-beyond-the-hype-report.pdf>

La première étape « **Plot your PdM 4,0 Strategy** » définit le niveau de maturité de la maintenance prédictive dans l'entreprise et fixe un objectif sur cinq ans. Cet objectif doit apporter de la valeur au *business* et être cohérent par rapport à la stratégie de l'entreprise. La première étape tend à assurer que le management s'accorde avec cette vision, afin d'obtenir les moyens d'encourager et d'accomplir l'objectif.

La seconde étape « **Create initial pilot projects** » sélectionne les équipements les plus pertinents pour l'établissement d'une *Proof Of Concept (POC)*. Nous nous intéressons aux équipements coûteux, vitaux ou encore problématiques pour l'entreprise. Sur le plan économique, nous espérons directement des réductions de coûts. Dès lors, nous devons choisir l'équipement avec précaution pour convaincre le client. De plus, si l'entreprise sélectionne le même type d'équipement, nous aurons des données qualitatives et similaires permettant de faciliter les étapes suivantes.

La troisième étape « **Define the capabilities you need** » vise à cartographier et à déployer sur une plus grande échelle le *POC*. Nous redéfinissons les processus et mettons en œuvre de nouvelles

technologies. Dans cette étape, l'obtention des informations est **cruciale** pour réaliser la maintenance prédictive 4.0.

La quatrième étape ***Become a virtuoso in data analytics*** représente le cœur du sujet. Les compétences et les ressources ne suffisent pas. La collaboration entre les ressources *IT* et les experts métiers est nécessaire aux fins de tirer profit des connaissances métiers.

La cinquième étape ***Transform into a digital maintenance organisation*** concerne le déploiement de la maintenance prédictive 4.0 avec des décisions fondées sur les données (*data-driven*) afin de les rendre les plus objectives et adaptées possibles.

La sixième étape ***Actively plan an ecosystem approach*** élargit le cercle de collaboration en y intégrant des partenaires externes afin d'être à jour avec les dernières technologies. Elle se fonde sur le partage de connaissances entre les partenaires de l'entreprise pour générer plus de valeur.

3.3.3 CONCLUSION

Que comprenons-nous de ces deux approches de la maintenance prédictive 4.0 ? Ces deux *roadmaps* conviennent tout d'abord au public de leurs cibles : cela s'avère normal pour une entreprise comme I-care d'avoir une approche bien plus détaillée de la maintenance prédictive en opposition à l'étude de PwC. À l'inverse, une approche nouvelle sur le domaine peut engendrer de l'innovation.

L'étude de PwC reste généraliste. Elle n'insiste pas suffisamment sur les difficultés à obtenir des données ni sur la manière d'en tirer profit. Au contraire, l'étude prône un partage de connaissances (voir la quatrième étape) entre les ressources. Nous voyons l'intérêt de disposer d'une gouvernance informatique adaptée ainsi que d'un management qui suit et encourage la maintenance prédictive comme activité de l'entreprise. Par ailleurs, l'étude se concentre sur des entreprises dont la maintenance prédictive est une activité accessoire.

Du côté d'I-care, nous ne retrouvons pas d'innovation dans leur dernière *roadmap*. En effet, l'intelligence artificielle est seulement intégrée dans une redéfinition complète de la *roadmap*. Il serait intéressant qu'I-care teste dans le cadre d'une preuve de concept la méthodologie de PwC afin d'une part d'actualiser ses propres procédures internes et d'autre part de tester une nouvelle méthodologie. Que la preuve de concept se solde par un échec ou non, elle permettra à I-care de renforcer son offre de service dans le meilleur des cas et de renforcer sa compétitivité. Notons aussi que les deux *roadmaps* fonctionnent sur l'utilisation des preuves de concepts, ce qui nous confirme l'importance de cette pratique.

Malgré une approche généraliste, l'étude de PwC ouvre les portes de la maintenance prédictive sur les avantages financiers de cette dernière. Dans un second temps, I-care assure sa transition interne et externe vers la maintenance prédictive 4.0. L'expérience des machines et l'accumulation des

données étant des critères distinctifs présents partout, I-care possède un avantage de taille dans la course aux données actuelles.

3.4 LOIS EUROPÉENNES DANS L'INDUSTRIE

Comme nous l'avons vu dans l'introduction, I-care délivre ses services dans le monde entier. Rappelons qu'elle fournit notamment des capteurs sans fil³¹ à des industriels. La législation européenne sur l'intelligence artificielle est en cours d'élaboration ; elle fait suite au RGPD³². Il convient de poser les bases juridiques pour connaître l'impact de la réglementation sur l'intelligence artificielle.

Lors de la commercialisation de ses produits, une entreprise doit respecter des règles afin que des marchés lui soient accessibles. Le secteur de l'industrie étant fortement réglementé, un produit qui ne respecte pas les règles sera interdit à la vente.

Cependant, quelles sont ces règles ? Elles se présentent sous la forme d'actes juridiques, comme des règlements. Ces règlements sont d'applications immédiates (comme le RGPD), c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas de transposition dans le droit national d'un pays, contrairement aux directives qui doivent faire l'objet d'une transposition par le législateur de chaque État membre. Pour cette transposition, les États membres disposent d'un délai.

3.4.1 DIRECTIVES

Les directives sont définies par le bureau d'application des lois européennes comme un acte contraignant de portée générale, c'est-à-dire qu'il en résulte une obligation de prise en compte. Cela implique que l'ensemble des États membres de l'Union européenne (UE) se conforment aux directives mais également les entreprises externes à l'UE souhaitant commercialiser un produit ou un service sur le territoire européen.

À titre d'exemple, la responsabilité sociétale des entreprises reste une recommandation et non une directive. Selon Jihane et Adbellatif (2018), les sociétés préfèrent s'y conformer : des années sont nécessaires pour obtenir et conserver une « bonne image », une journée est suffisante pour la perdre. De plus, une fois que l'image est entachée, il est encore plus difficile de la reconstruire.

Selon le site de l'Union européenne, derrière ce volet contraignant, nous devons comprendre que les directives visent à l'homogénéisation des lois nationales des différents pays de l'Union européenne et à la facilitation du commerce au sein de l'Europe.

Lorsqu'une entreprise développe un projet commercial, ses dirigeants ont conscience qu'elle doit se conformer aux différentes directives qui régissent le cadre du projet. Pour cela, l'harmonisation

³¹ Par exemple le Wi-care

³² Le Règlement général sur la protection des données constitue une protection sur les données à caractère personnel pour les citoyens situés sur le territoire européen.

des standards présents sur le site de la Commission européenne facilite la tâche des entreprises en fournissant une première piste. Un standard harmonisé est un standard européen développé par un comité européen des standards comme le CEN, le CENELEC et l'ETSI que nous allons détailler plus loin. Maintenant que la directive est définie et les standards harmonisés connus, nous pouvons explorer plus en profondeur les organisations qui les mettent en œuvre.

Le CEN harmonise et élaboré les normes européennes. Les normes rédigées par cet organisme sont reconnaissables aux suffixes « EN » dans leur nom. On peut citer comme exemple la norme *EN 1127-1 : 2019* pour les normes ATEX³³ (la plus connue) qui standardise les concepts et la méthodologie pour la présentation et la protection des zones dangereuses.

Le CENELEC normalise les domaines électroniques et électrotechniques. Nous pouvons citer la norme *EN 60079-26 : 2015* qui permet de définir les équipements avec un niveau de protection dans les zones dangereuses (par exemple une résistance au feu ; aux explosions). Le CENELEC collabore avec le CEN, ce qui explique la même nomenclature.

L'ETSI est l'Institut européen des normes de télécommunications. Il fournit principalement des standards applicables aux systèmes de technologies de l'information et de la communication (TIC). Nous retrouvons à de très nombreuses reprises cet organisme dans la directive « RED » qui correspond à la mise sur le marché des produits radioélectriques. On peut citer la norme *EN 300 328 V2.1.1* qui définit le système de transmission à large bande.

3.4.2 LES CERTIFICATIONS CHEZ I-CARE

Localisée en Belgique, l'entreprise est soumise aux certifications européennes (EN) mais aussi aux certifications internationales comme les normes CEI et ISO³⁴ (cette information provient des fiches techniques du Wi-care).

Ces règles industrielles proviennent d'un souhait de normaliser le commerce européen et mondial. L'avantage est la **clarté** à laquelle une fiche produit doit répondre pour que celui-ci soit commercialisé. L'Union européenne facilite les exportations et renforce l'avantage économique d'une entreprise de cette manière. Dans le cadre d'I-care, les certifications permettent d'augmenter la transparence, de réduire les obstacles au commerce et de faciliter les accords internationaux, tout en garantissant la compatibilité et la qualité des produits.

Nous le comprenons ici, I-care est une société qui mise énormément sur l'innovation³⁵, elle a toujours privilégié l'approche du standard industriel à une solution plus fermée.

³³ ATmospheres EXplosives

³⁴ Pour l'ISO, il existe énormément d'exemples dans l'informatique de la sécurité à l'encodage des pages web

³⁵ Il ne faut pas confondre l'innovation des produits qu'I-care développe avec l'innovation dans la roadmap du chapitre précédent.

3.4.3 LA RÉGLEMENTATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

À l'heure actuelle, il n'existe aucune réglementation autour de l'intelligence artificielle. Cependant un cadre légal est en cours de rédaction. Ce cadre vient à la suite du RGPD entré en vigueur le 25 mai 2018. L'organisme en charge est le *SC 42*³⁶ qui élabore la standardisation dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Au contraire des autres domaines dans lesquels nous pouvons nous permettre de nous concentrer sur les certifications achevées car matures, il convient dans ce cas de suivre les travaux en cours afin de bénéficier d'un avantage compétitif sur les concurrents et de permettre à I-care d'obtenir plus facilement les certifications liées à l'intelligence artificielle pour la commercialisation de ses futurs produits.

3.5 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET SES PERSPECTIVES

Nous pouvons maintenant entrer dans le vif du sujet et nous intéresser aux impacts de l'intelligence artificielle à travers différents volets : la perspective, l'éthique et l'industrie. Commençons par définir l'intelligence artificielle de la manière suivante : « *la théorie et le développement des systèmes permettant d'effectuer des tâches requérant une intelligence humaine.* » (Agoria, *AI in Business*, chapitre 1 : introduction).

Aujourd'hui, l'intelligence artificielle a pleinement intégré les entreprises et dès l'amorce d'un projet, ce domaine va susciter des questions, des craintes et des inquiétudes qui devront être prises en compte tout au long du projet. Cela repose sur une caractéristique **fondamentale** : la communication. Nous devons comprendre que l'intégration de l'intelligence artificielle dans une entreprise est présente avant tout pour apporter un support et non pour remplacer l'humain³⁷.

Il demeure un décalage de perception entre les experts du domaine, les médias et les personnes non renseignées sur le domaine. À ce titre, Agoria a créé un cours sur l'intelligence artificielle à destination principalement des entreprises. S'il ne fait aucun doute que l'intelligence artificielle change les modes de vie du fait des nombreuses études et de l'expérience sur le terrain, nous devons dresser un état de l'art de ce domaine aujourd'hui.

Dans son livre intitulé *Intelligence Artificielle et Cognitive Business*, Jean-Michel Rodriguez, titulaire d'un doctorat en intelligence artificielle, dresse un constat des neufs domaines de l'intelligence artificielle existants. Nous voyons dans le tableau ci-après que les domaines partiellement maîtrisés se réfèrent à des compétences chez l'être humain, à la capacité humaine de communiquer aisément avec un autre pair.

³⁶ Comité en charge de la normalisation dans le domaine de l'intelligence artificielle.

³⁷ Cependant nous observons par la suite que les études montrent un remplacement des humains, comme *Future of Employment* de C. Frey et M. Osborne.

Table 2 Les intelligences variées de l'intelligence artificielle

Forme d'intelligence	Intégration à la machine	Les domaines et connaissances
Verbale linguistique	Totalement	Contexte, syntaxe, sémantique, langage naturel, analyse et compréhension de textes, traduction, motifs contextuels, etc.
Musicale	Totalement	Analyse des spectres et fréquences sonores, création de musique, reconnaissance de musiques et de sons.
Logico-mathématique	Totalement	C'est ce que font les ordinateurs aujourd'hui, notamment (exemple : démonstration mathématiques automatique, calculer de données, etc).
Spatiale	Totalement	Vision, reconnaissance de lieux, reconnaissance d'objets, progression et déplacement autonomes, modélisation d'environnements.
Kinesthésique	Totalement	Les robots et la robotique.
Interpersonnelle	Totalement	Les interfaces intelligentes, les « <i>bots</i> » et les « <i>chatbots</i> », les agents intelligents, les assistants virtuels.
Intra personnelle	Partiellement	Analyse d'états, heuristiques.
Naturaliste	Totalement	Connaissance de l'environnement, objets connectés, données structurées, non structurées, analyse de données, « <i>Big Data</i> ».
Analytique	Totalement	C'est ce que font les ordinateurs aujourd'hui.
Créative	Totalement	Watson d'IBM, AlphaGo, AutoML de Google et d'autres.
Pratique	Totalement	Expérience, apprentissage automatique, machine apprenante.
Sociale	Partiellement	Neurosciences, les « <i>bots</i> » et les « <i>chatbots</i> », centre de support.
Émotionnelle	Partiellement	Analyse comportementale.
Collective	Totalement	Jeu de la vie, les essaims de robots, les comportements grégaires.
Des affaires	Totalement	Analyse des données des entreprises

Source : RODRIGUEZ, J. M. (2018). Chapitre 2 : Les domaines de l'Intelligence Artificielle. Dans Intelligence Artificielle et Cognitive Business. ENI.

L'énumération des différentes intelligences permet de comprendre qu'une intelligence généraliste mature n'existe pas actuellement. Cependant, avec la vitesse de développement de l'intelligence artificielle, une fois l'ensemble des domaines totalement maîtrisés, le rythme va probablement s'accroître dans les temps. Les différents projets présentés durant la mise en contexte se concentreront sur certaines formes d'intelligence à travers les domaines de connaissances. Afin de compléter le mémoire, une **simulation** de l'entreprise I-care présentera l'ensemble des activités

dans lesquelles l'intelligence artificielle peut avoir un impact, si la stratégie de l'entreprise l'encourage.

Ainsi, nous pouvons constater que l'intelligence artificielle n'est pas une lointaine perspective. Elle prend des formes diverses selon les projets et l'élosion. Ces dernières années, les diverses solutions intelligentes sont réalisées avec la puissance de calcul des ordinateurs, qui permet de résoudre des défis techniques auparavant inaccessibles. Cependant, jusqu'où est-il permis d'aller et comment l'industrie et l'Europe accueillent l'IA ?

3.5.1 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET L'ETHIQUE

À l'inverse de la réglementation, la question de l'éthique au regard de l'intelligence artificielle préoccupe les institutions depuis de nombreuses années. Selon Sondergaard (2018), les résultats produits par l'IA vont au-delà des résultats prévus initialement ; nous ne sommes pas en mesure de percevoir toutes les possibilités de l'IA au moment de sa conception. À ce titre, les questions éthiques autour de l'intelligence artificielle se concentrent sur cette maîtrise des résultats. Nous pouvons citer le *Ethics guidelines for trustworthy AI*³⁸ qui permet d'établir une base de travail sur la conduite de l'intelligence artificielle, en tenant compte des contraintes éthiques. Néanmoins, l'institut *Future of Life (FLI)* a écrit un état des lieux pertinent des principes proposés par la communauté scientifique. Selon ces deux « lignes de conduite », nous comprenons l'importance de l'éthique pour l'élaboration et la mise en œuvre d'une législation. Deux points significatifs ressortent de ces deux publications.

- La transparence et le contrôle humain : certains algorithmes d'intelligence artificielle donneront de meilleurs résultats sans que nous soyons en mesure aujourd'hui de prouver et de comprendre l'entièreté de leurs raisonnements. Le contrôle humain (ou la faculté de rendre intelligible) doit toujours être de mise : il convient de choisir une intelligence capable de justifier son raisonnement. Selon une communication interne d'I-care³⁹, un client accordera plus de valeur à un système qu'il peut comprendre qu'à une boîte noire ;
- Le type d'IA : nous distinguons deux types d'IA : l'IA spécialisée sur une tâche en particulier et l'IA générale effectuant diverses tâches dévolues à un être humain. Aujourd'hui, le premier type est le plus répandu. Une fois l'ensemble des types d'intelligences pleinement intégrés à une machine, les IA générales seront de plus en plus nombreuses.

Derrière ces valeurs, nous pouvons faire le lien avec la peur de l'intelligence artificielle. Selon *The Future of Life Institute* (2018), la communauté scientifique mentionne la nécessité de vérifier si les principes sont respectés sur le long terme. Les changements s'accentuant avec le temps, la

³⁸ Lignes directrices éthiques pour une intelligence artificielle de confiance

³⁹ Cette pensée est justifiée par la valeur de transparence émise notamment par la FLI, mais aussi par l'implication de laisser des équipements coûteux à un système imprévisible.

communauté scientifique plaide pour une communication accrue autour des perspectives et limitations de l'IA afin d'éviter les craintes sociétales comme la destruction brute des emplois.

3.5.2 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS L'INDUSTRIE

Nous allons maintenant aborder l'IA de manière globale, surtout au travers son impact social. Depuis quelque temps, nous entendons dire que les professions les plus menacées par l'intelligence artificielle (IA) sont celles qui demandent le moins de qualifications (chauffeurs, livreurs, hôtesses d'accueil etc.) Cette conclusion émane entre autres de Cédric Villani, mathématicien et député de l'Essonne, dans son rapport intitulé *Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne* (2018). Ce rapport mentionne le COE⁴⁰ pour qui les emplois les plus exposés sont « *les postes d'ouvriers non qualifiés dans les industries de process, la manutention, le second œuvre du bâtiment, la mécanique ainsi que les agents d'entretien ou les caissiers* ». (Villani, 2018) p.103. Cependant, les études se montrent contradictoires quant aux impacts réels de l'intelligence artificielle ; en effet selon Michaels⁴¹(2014) et Arntz⁴²(2016) l'intelligence artificielle va créer massivement des emplois, tandis que Ford⁴³(2015) et Acemoglu⁴⁴(2018) évoquent eux des destructions d'emplois. Aujourd'hui, le seul consensus existant est celui de se préparer à intégrer l'intelligence artificielle dans nos vies. Nous traiterons l'intelligence artificielle dans cette optique, dès lors nous considérons l'intelligence artificielle dans ce domaine en fonction du cas d'étude et par là-même comme un assistant. Les institutions semblent pour ce point se rapprocher de la communauté scientifique pour gérer au mieux ce changement, notamment pour les emplois non qualifiés dont le rapport de Cédric Villani fait mention. Elles espèrent pouvoir apporter une réponse à la question suivante : que faisons-nous des personnes qui ont été remplacées par une intelligence artificielle ? Nous pouvons cependant explorer deux pistes, sur cette transformation.

- L'intelligence artificielle développe de nouveaux métiers, tout comme la révolution industrielle ou la transformation digitale l'ont entrepris en leurs temps mais avec des compétences plus élevées.
- La mutation des métiers nécessite d'agir maintenant, la réorganisation sous-jacente étant bien plus profonde.

Dans l'entreprise du cas d'étude, les personnes les plus touchées sont celles liées directement au *core business* de l'entreprise. Ce sont des employés de classe moyenne qui, s'ils sont amenés à perdre leur emploi, peuvent **se permettre**.

- De changer complètement de secteur de travail.

⁴⁰ Conseil de l'Europe

⁴¹ Intitulé « *Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over Twenty-Five Years* »

⁴² Intitulé « *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis* »

⁴³ Intitulé « *The rise of the robots* »

⁴⁴ Intitulé « *Artificial Intelligence, Automation and Work* »

- De se former sur l'intelligence artificielle, pour qu'elle devienne une assistance et non une menace (une transformation de leurs activités permet de maintenir leur emploi).

Cet avis se base sur la transformation amenée par l'intelligence artificielle chez I-care, où nous appréhendons les futurs métiers d'I-care, notamment celui « d'ingénieur fiabilité »⁴⁵ qui va évoluer dans les prochaines années, à mesure que l'entreprise intégrera l'industrie 4.0 dans ses processus. Cette transformation se présente sous la forme de formations liées à l'utilisation et la conception des outils intelligents. Le but poursuivi est l'acquisition de compétences en IA pour les ingénieurs d'I-care afin qu'ils puissent effectuer des projets 4.0 chez les clients de l'entreprise. Cependant, si les ressources sont amenées à changer, c'est aussi le cas pour les méthodes de travail comme les outils que les ingénieurs utilisent.

Dans son étude, Frost & Sullivan présentent une étude de marché sur la probabilité de succès et l'attrait du marché pour les systèmes intelligents de maintenance prédictive en particulier : les capteurs intelligents (et autonomes). À l'exception d'une marginalité de technologie, nous constatons que pratiquement tous les équipements intelligents suscitent un grand intérêt. Aujourd'hui en Europe, et chez I-care, le développement de capteurs intelligents est en cours d'élaboration⁴⁶.

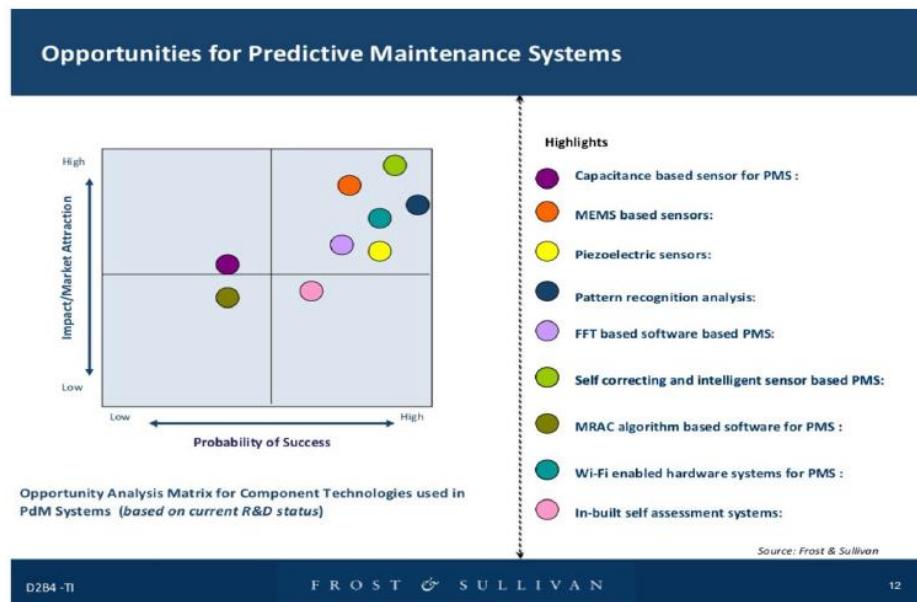


Figure 9 Études sur la maintenance prédictive

Source : Frost & Sullivan(2011) Technical Insights: Assessment of Predictive Maintenance Systems - Technology Market Penetration and Road Mapping Récupéré le 26 avril 2020 de <https://fr.slideshare.net/FrostandSullivan/d-technical-insights-assessment-of-predictive-maintenance-systems-technology-market-penetration-and-road-mapping>

⁴⁵ Les tâches d'un ingénieur fiabilité sont de réduire les coûts de maintenance d'un équipement (analyse vibratoire) et d'augmenter la fiabilité des équipements.

⁴⁶ Nous constatons au fil de ce mémoire, que l'étude de Frost & Sullivan se confirme au fil des années. Cependant, il serait intéressant que le cabinet réitere l'opération afin d'avoir une étude à jour.

3.5.3 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR L'EUROPE

En quelques années, nous avons observé un développement rapide de l'intelligence artificielle. D'une part, la démocratisation de la connaissance et des outils dédiés permet d'exploiter des connaissances toujours plus « poussées », d'autre part l'essor des solutions devient plus décisif : la tendance s'oriente vers le « tout intelligent » comme l'ont démontré les études de Frost & Sullivan et de PwC. Aujourd'hui encore, de nouvelles applications de l'IA émergent continuellement.

Mais comment l'Europe considère-t-elle l'intelligence artificielle ? Nous allons nous baser sur le rapport *White Paper on Artificial Intelligence : a European approach to excellence and trust*, pour apporter une réponse. Pour rester dans le cadre du mémoire, je ne prendrai en compte que ce qui a trait aux entreprises et aux perspectives de l'IA. Néanmoins, ces concepts peuvent être généralisés à l'ensemble de la société.

Le document cherche à mettre en avant une meilleure collaboration des États membres pour la recherche sur l'IA ainsi que le développement de centres de recherche névralgiques. Cet objectif permettrait ainsi de rassembler la matière grise en Europe et d'assurer une position de leader dans le domaine malgré un retard pris vis-à-vis des États-Unis et de la Chine. Cela fait notamment suite au rapport de Cédric Villani.

Un point important du document est l'amélioration de la production des systèmes à travers la maintenance prédictive : l'attrait signalé par PwC se confirme et s'accentue au fil des années. Selon McKinsey (2017),⁴⁷ les domaines suivants seront les plus impactés d'ici 2025 : l'automobile (voitures autonomes), l'image (reconnaissance des personnes), le marketing (profilage des clients), la localisation (aide au voyage) et l'industrie (maintenance prédictive). Nous constatons que les domaines les plus porteurs de l'intelligence artificielle concernent aussi des professions nécessitant des compétences spécifiques. Sur la base des communications internes, les études renforcent la robustesse et la cohérence de la stratégie d'I-care dans son développement pour les prochaines années.

Au contraire des États-Unis et de la Chine, l'Europe entend poursuivre le développement en prenant en compte un élément important, à savoir l'éthique dans l'intelligence artificielle, en respectant la vie privée de ses concitoyens et leurs droits. De ce fait, elle rejoint l'avis de la communauté scientifique.

Pour autant, l'intelligence artificielle est intimement liée au *Big Data*⁴⁸. L'importance des données, comme nous le soulignons tout au long de ce mémoire, se retrouve dans les points clés du livre blanc. Elle est confirmée dans le rapport annuel du Groupe NRB (2018)⁴⁹ selon lequel les entreprises informatiques qui détiendront l'espace de stockage seront les réels gagnants de cette transformation, notamment par la relation de dépendance que les entreprises clientes développeront

⁴⁷ Intitulé « *Artificial intelligence the next digital frontier ?* »

⁴⁸ Concerne la gestion de grand volume de données.

⁴⁹ Intitulé « IT pour vous simplifier la vie »

dans le futur. Ainsi, depuis quelques années les entreprises se concentrent sur la construction (ou l’acquisition) de *data centers*, comme c’est le cas de NRB⁵⁰ qui possède déjà trois *data centers* en Belgique. Les nouvelles opportunités pour l’industrie digitale et les applications *B2B*⁵¹ vont générer de plus en plus de données, bien au-delà des capacités de stockage des entreprises. Dès lors, le stockage à grande échelle des données sera renforcé par la certitude que les données respectent les droits et valeurs européens et permettra ainsi d’avoir une plus grande confiance dans les solutions intelligentes.

Ce phénomène doit conduire l’Europe à combiner ses forces industrielles et économiques, au sein d’un cadre de régulation, en vue de devenir un leader mondial de l’innovation dans la future économie des données et de ses applications. Ces plateformes sont amenées à devenir les pièces centrales des économies futures.

Selon le livre blanc, les industries de l’Europe sont en position de force pour le développement de nouveaux produits et services dans lesquels l’Europe est le leader : les machines, le transport, la cyber sécurité, l’agriculture, l’écologie et les économies circulaires. Nous voyons ici que ces domaines sont différents des domaines les plus porteurs mais ne sont pas dénués d’intérêt pour autant.

En revanche, si les perspectives de nouvelles applications et de position de leader économique sont présentes, c’est l’impact de l’intelligence artificielle sur la société qui est le plus pris en compte⁵². Ainsi, les solutions de demain devront veiller à respecter les valeurs et les droits fondamentaux, par exemple la protection de la vie privée, comme le souligne l’institut FLI⁵³.

Sur le plan économique, l’Europe et la Région wallonne incitent les entreprises à adopter des solutions fondées sur l’intelligence artificielle à travers la subvention de projets⁵⁴. Nous voyons cette incitation au travers des grands projets de recherche dans lesquels une PME doit figurer dans le consortium des entreprises du projet. Ces dernières sont celles qui bénéficieront le plus de l’IA dans leurs chaînes de valeur.

Selon le livre blanc de l’Europe que nous avons mentionné, pour pouvoir atteindre cet objectif et renforcer ces décisions, l’Europe a prévu un programme de financement de 1,5 milliards €, ce qui équivaut à une augmentation de 70 % en comparaison de la période précédente (2019). Face aux USA (12,1 milliards €) et à l’Asie (6,5 milliards €), le montant alloué demeure faible et doit être renforcé si l’Europe souhaite s’imposer dans une course au cours de laquelle elle a déjà pris du

⁵⁰ Network Research Belgium est une entreprise fournissant des solutions IT globales (data center, développement, ERP, etc.).

⁵¹ Pour rappel, désigne une entreprise qui commerce avec d’autres entreprises.

⁵² Dans le cas d’I-care, les données proviennent d’équipements industriels, cet élément est moins problématique pour l’éthique. Comme toutes les autres données client : l’important étant l’anonymisation des données et la **sécurité des données**.

⁵³ Future of Life

⁵⁴ C’est notamment le cas du projet « Smart R4F » qui consiste en la création d’un écosystème industriel, financé par l’Europe et la Région wallonne, auquel I-care participe.

retard. Ceci peut être accompli notamment avec de meilleures synergies en Europe pour maximiser l'investissement dans la chaîne de valeur de l'IA.

À l'heure actuelle, les centres de compétences européens s'avèrent trop fragmentés et l'Europe ne peut plus se permettre de les maintenir si elle souhaite atteindre ses objectifs. Ainsi, la synergie est un des objectifs principaux dans cette transformation. Cependant, il semble compliqué de trouver l'équilibre entre la charte européenne et le progrès, au vu des limitations qui ne sont pas mentionnées en Chine et aux États-Unis. C'est notamment le cas du profilage des clients et du respect de la vie privée.

Toujours selon le livre blanc, pour aider à la transformation, l'Europe envisage le développement des compétences dans le domaine de l'IA. Ainsi, le métier de développeur aura une nouvelle mission pédagogique, avec la volonté affirmée que le développeur devienne une ressource pour les institutions de formation. Ceci permettra indirectement aux entreprises d'y avoir accès et d'utiliser plus facilement l'intelligence artificielle dans leurs activités.

Pour les entreprises, de nouveaux types de management naîtront. Ces managements seront fondés sur la responsabilité de la gestion des données et la conformité avec le principe *FAIR*⁵⁵. Ce principe repose sur la transparence des données. Une donnée doit être indexée, récupérable et disponible dans un format standard favorisant son exploitation.

En dehors de ces perspectives, nous voyons que l'éthique bénéficie d'une place très importante. Il nous reste à élucider la question suivante : quelle utilisation de l'intelligence artificielle sera considérée illégale ? Si nous pouvons émettre des hypothèses, penchons-nous sur le chemin à suivre, émis par le même groupe d'experts à l'origine du livre blanc.

- Respecter la vie privée et avoir une gouvernance informatique des données.
- Être transparent sur l'utilisation des données.
- Éviter les discriminations de l'IA avec des données diversifiées.
- Avoir une politique responsable avec l'IA.
- Être conscient de l'impact sociétal et environnemental de la solution.

D'un point de vue industriel, nous devons nous attendre à de nouvelles normes à respecter pour ces nouveaux produits. Cependant, si certaines zones peuvent être plus ou moins opaques à propos des fonctionnalités de l'intelligence artificielle, les risques liés à l'IA seront étudiés de très près. Ceci permettra à l'Europe de confirmer sa position vis-à-vis des droits européens, mais aussi de continuer la vision établie avec le RGPD. La législation autour de l'IA devra être à la fois générique pour laisser la place aux différentes innovations sans pour autant laisser de côté les risques liés à l'utilisation des nouvelles technologies. Nous voyons ici que l'Europe a suivi de très près l'avis de la communauté scientifique, preuve de son engagement dans l'éthique et le respect de ses valeurs.

⁵⁵ *Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*

Nous pouvons conclure que les industries devront être très attentives à l'utilisation de l'IA dans leurs produits. En effet, de nouveaux risques sont amenés à apparaître sur les produits ou services existants. Ainsi, il faut prendre en compte la possibilité pour une solution avec de l'IA de générer des blessures, des erreurs industrielles, etc. Une maturité dans le développement de l'intelligence artificielle apparaît nécessaire pour minimiser les risques et rassurer les clients. La commission pointe cinq facteurs clés de succès.

- **Le renforcement des législations actuelles** : les législations actuelles devront être ajustées ou clarifiées pour tenir compte des nouvelles problématiques liées à l'émergence de l'IA.
- **Focus sur les produits européens** : la législation actuelle est plus centrée sur les produits que sur le service incorporant de l'IA (par exemple : les services financiers, les services de transports). Le logiciel comprenant de l'IA va faire son entrée dans la législation.
- **Adapter les fonctionnalités d'un système intelligent** : avec l'apparition de l'IA et de l'automatisation, de nouveaux risques peuvent apparaître après la mise sur le marché de nouveaux produits qui n'étaient pas présents initialement. La législation va s'adapter sur ce point-là, avec la contrainte d'ajouter des responsabilités (légitimes) à la société qui distribue le produit (si elle est responsable de toute la chaîne).
- **Responsabilité des acteurs économiques** : en règle générale, le producteur d'un produit est le principal responsable en cas de problème. Cependant, si l'IA est ajoutée sur un produit après sa mise sur le marché, la limite peut devenir très floue. Ainsi, les responsabilités pourraient être partagées entre d'une part, le producteur qui resterait sous la juridiction européenne (et donc dans son droit) et d'autre part, les autres membres de la chaîne qui seraient du ressort des responsabilités nationales de chaque État membre.

3.6 LES DIFFÉRENTS TYPES D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Maintenant que nous avons identifié les impacts politiques de l'intelligence artificielle et vu ses perspectives à différents niveaux, nous pouvons commencer à utiliser un vocabulaire plus précis. Ce chapitre détaille à cet effet une branche de l'intelligence artificielle, à savoir le *machine learning*. Le *machine learning* est une sous-branche de l'intelligence artificielle et se concentre sur l'apprentissage automatique. Le *machine learning* étant essentiellement utilisé dans les entreprises, il constitue un domaine à explorer.

En fonction des projets, l'utilisation de l'intelligence artificielle va être différente. C'est ce qui rend complexes les possibilités sur le long terme auxquelles les précédentes études font allusion. Que ce soit un algorithme de suggestion de musique (Spotify) ou un système de classification, le résultat recherché détermine la branche de l'IA qui va nous intéresser. La ressource capable d'exploiter et de construire les systèmes intelligents se nomme communément le *data scientist*. Il va interroger les données, les comprendre afin de choisir les algorithmes les plus adéquats (voir Annexe A : Choisir le bon algorithme) pour atteindre le but recherché mais aussi déterminer les limites du système.

Par ailleurs, une erreur fréquente consiste à confondre les statistiques avec le *machine learning*. Dans le premier cas, **nous fixons** les paramètres, à la différence du *machine learning* qui va définir de manière bien plus affinée ces paramètres et cela, de **manière dynamique**. C'est un constat que j'ai pu réaliser au fil de mon expérience chez I-care selon lequel des entreprises soumettent à l'IA des systèmes utilisant les statistiques : si les résultats sont atteints, elles ne suivent pas la philosophie pour autant. Toutefois, à leur décharge, il convient de rappeler qu'actuellement, il n'est pas nécessaire de faire constamment appel à l'intelligence artificielle et que nous disposons d'outils mathématiques pertinents permettant d'obtenir les résultats attendus.

3.6.1 LE MACHINE LEARNING SUPERVISÉ ET NON SUPERVISÉ ?

Le *machine learning* représente la forme la plus connue et accessible de l'intelligence artificielle. Sur la base d'expériences passées et que nous connaissons le résultat, nous cherchons à obtenir à nouveau ce même résultat à l'aide d'un algorithme(modèle) de classification ou de régression.

- **Classification** quand nous voulons prédire une catégorie comme le système d'e-mails (*spam/non spam*) ou encore déterminer si une personne pourra rembourser son prêt.
- **Régression** quand nous cherchons à prédire une valeur, une quantité quelconque comme le prix du pétrole, le prix d'une maison en fonction de ses caractéristiques, la quantité de pluie qu'il y aura en 2021.

La figure ci-dessous décrit la classification avec les termes appropriés pour une meilleure compréhension.

- Les *features* sont les colonnes d'un tableau : les caractéristiques définies des entités.
- L'instance est une ligne complète, donc une entité avec toutes ses caractéristiques.
- Le « class » est la colonne qui va être prédictive sur la base des autres colonnes.

Tableau 3 : Explication des notions du machine learning supervisé

<i>Feature</i>				<i>Class</i>
<i>Équipement</i>	<i>Points de mesure</i>	<i>Bande de fréquence</i>	<i>Valeur</i>	<i>Problème</i>
Pompe X101	AVV	1-5Kz	356	Présent
Pompe X101	AVV	6-50Kz	140.3	Présent
Pompe X102	BVA	1-5Kz	36.6	Aucun
PompeX103	AVV	1-5Kz	3.3	Aucun

<i>Instance</i>

Ainsi, le *machine learning* supervisé consiste à fournir une *Class* (étiquette) permettant de classifier les nouvelles données. De cette manière, nous allons pouvoir analyser et préparer les données pour leur attribuer une signification. Cette signification va permettre au *machine learning* de faire son

apprentissage. Ainsi pour une série de données et pour une observation bien précise, nous serons en mesure de prédire la valeur attendue : type de défaut, absence de défaut, etc.

Le *machine learning* non supervisé se fonde sur l'exploration des données, nous permettant entre autres de grouper les données et de faire du *clustering*. Le *clustering* représente le regroupement des données en fonction de leurs ressemblances. Ainsi, le *machine learning* non supervisé fournit un outil pratique quand nous ne bénéficions pas d'étiquettes permettant le *machine learning* supervisé. Nous pouvons voir une application pratique avec les cas d'utilisation suivants : reconnaissance des comportements frauduleux dans les transactions, suggestion de musiques sur la base de l'historique ou encore le rassemblement des thèses de recherche par thèmes et sous-thèmes.

Ainsi, le *clustering* consiste à effectuer un profilage des données à l'aide d'un algorithme. Dans le cadre d'I-care, nous pourrions montrer que l'intelligence artificielle peut être **réellement** un support en diminuant le temps nécessaire à la compréhension d'une machine. En d'autres mots, faire du profilage des machines afin d'extraire un profil type de ces dernières pour comprendre rapidement les données en notre possession.

3.7 MÉTHODOLOGIE AVEC L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Selon les *roadmaps* que nous avons analysées, l'incorporation de l'intelligence artificielle dans l'industrie est réalisée par une preuve de concept, afin de montrer la faisabilité d'un projet. Pour pouvoir appréhender l'impact de l'intelligence artificielle, nous devons comprendre comment elle est appliquée dans l'informatique en tenant compte des diverses problématiques qu'elle impose.

Selon le Cigref (2007)⁵⁶, les données non structurées représentent 80 à 90 % du volume des données échangées et produites et ce nombre va s'accroître à travers les années. D'une part, les systèmes d'intelligence artificielle nécessitent une forte quantité de données et d'autre part, un nettoyage est nécessaire pour pouvoir exploiter ces mêmes données. Par exemple, les données issues du logiciel de mesures utilisé actuellement chez I-care, MHM⁵⁷, permet d'encoder des rapports de manière libre, cela implique des erreurs d'encodage, car aucune sécurité n'est présente sur ces champs, nécessaires pour l'IA. Cela est détaillé plus longuement dans l'exploitation de ce logiciel pour le *machine learning* (cf. supra p.68).

La tâche devient même plus ardue quand les données sont pré formatées avant l'affichage dans le logiciel, comme c'est le cas pour MHM, les métadonnées et les données subissent des transformations à l'intérieur du logiciel, qui doivent être traitées. La standardisation des données permet d'améliorer significativement les résultats, c'est pourquoi il est nécessaire qu'elle soit réalisée. Le Cigref nous indique ainsi que la tâche destinée à « nettoyer » les données risque de

⁵⁶ Dans le livre blanc « Valorisation de l'information non structurée », p.9

⁵⁷ *Machinery Health Manager* : logiciel spécialisé dans l'analyse de l'état de fonctionnement des équipements

s'accroître avec le temps. Le moyen de limiter cette contrainte serait que les entreprises prennent conscience de la gestion des données et renforcent leur processus de traitement de ces dernières.

Aujourd'hui, il incombe au *data scientist* durant le développement de la solution informatique de connaître parfaitement ces données et de les rendre « propres » afin de faciliter grandement la réalisation d'une solution si cela n'est pas effectué : l'interprétation des résultats deviendra plus difficile. Cela nous permet de comprendre que l'application de l'intelligence artificielle est un processus itératif. Comme le montre la figure ci-dessous, il ne s'agit pas d'un processus simple mais d'une amélioration continue des résultats comme le proposent les études mentionnées (cf.infra.p.22)

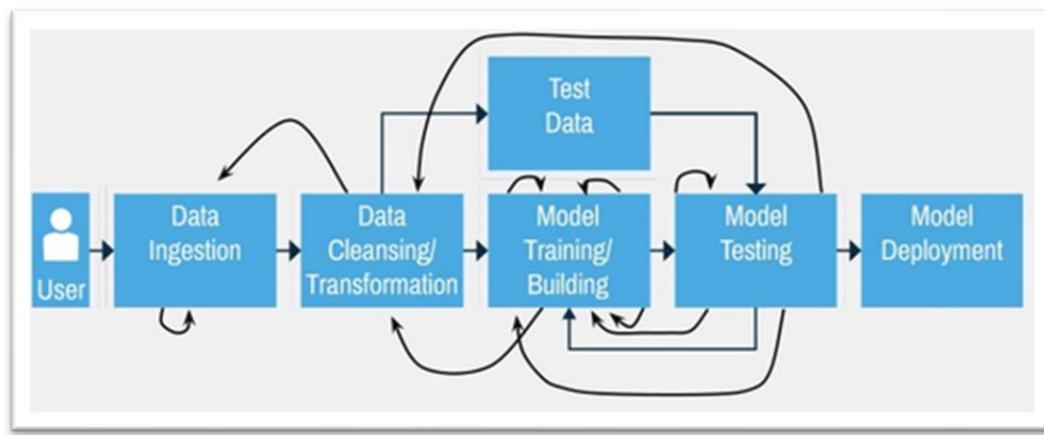


Figure 10 Schéma de fonctionnement du MI

Source : Jeannot (2017). *Machine learning for Humans*. Récupéré sur SlideShare : <https://fr.slideshare.net/AntoineJeannot/machine-learning-for-humans-77832505>

Ce cycle de développement est confirmé par le Cigref. Nous en constatons l'aspect itératif selon lequel chaque processus peut renvoyer à d'anciens processus. Une fois la transformation des données réalisée, des erreurs peuvent être trouvées ultérieurement en poursuivant le processus et lorsque débute l'analyse des résultats. Toujours dans le même sens, lorsque nous construisons notre modèle, nous pouvons avoir connaissance de certaines techniques qui requièrent des changements dans notre jeu de données.

Sur la base de mon expérience, le nettoyage des données constitue l'étape la plus chronophage dans un projet et demeure souvent sous-estimée. Moins les données sont structurées, plus il faudra d'opérations pour les standardiser. C'est souvent une opération sous-évaluée qui peut être diminuée par des pratiques strictes sur l'encodage et aussi sur les données nécessaires pour atteindre le but recherché, il n'est pas toujours nécessaire de considérer l'intégralité des données pour obtenir une réponse.

Afin d'appuyer ce raisonnement, nous pouvons considérer une étude sur une population quelconque récoltant : le nom, le prénom, l'âge, le salaire et la nationalité. Si les trois dernières

caractéristiques peuvent logiquement être considérées comme pertinentes, il s'avère plus difficile de justifier l'importance du nom et du prénom d'une personne. De cette manière, le nom et le prénom d'une personne semblent être des caractéristiques à exclure dans l'élaboration d'une solution intelligente.

Ce processus requiert la connaissance des données et une connaissance avancée des outils pour la *data science*. Le manager devrait penser à la capitalisation des données à travers la transformation des données. Si ce processus est gourmand en temps, nous pouvons considérer qu'il serait profitable de diminuer ce temps à l'avenir en redéfinissant les processus qui créent ces données ou en vérifiant si ce que nous cherchons à prédire est effectivement envisageable avec les données utilisées.

Pour la méthodologie, nous pouvons émettre qu'un modèle performant nécessite la transformation des données avec les mêmes informations (et structure) dont un humain aurait besoin pour résoudre un problème. Dans le cadre de la mise en contexte, nous verrons en revanche que les modèles peuvent devenir « complexes ». Chez I-care, nous avons créé un modèle composé de 293 *features* pour déterminer si un problème est présent ou non sur une machine. Pour arriver à ce modèle, nous avons utilisé le schéma précédent, nécessitant dès lors une exploration des données destinée à fournir la structure adéquate pour obtenir la forme et les résultats que nous voulions.

En signe d'aparté, une entreprise possédant un historique des données pourra partir sur une approche plus orientée sur l'intelligence artificielle que les statistiques afin d'obtenir de meilleurs résultats, cependant ce gain peut exiger des efforts supplémentaires quant au nettoyage et à la connaissance des données.

3.8 L'IMPACT SOCIAL DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Ce chapitre se concentre sur les points essentiels d'un projet informatique, à savoir le recueil des exigences et les parties prenantes. Nous avons dressé un état de l'intelligence artificielle et de la maintenance prédictive, nous pouvons dès lors nous intéresser aux personnes qui vont subir les changements provoqués par l'IA. En effet, la société dans son ensemble fera face à l'intelligence artificielle. Ce chapitre nous apportera une réponse à la question de la **gestion** de l'impact de l'IA dans une entreprise pour les employés.

Selon FranceIA(2016) dans son étude intitulée *Une stratégie pour la France en matière d'intelligence artificielle*, McKinsey affirme :

« Les experts s'accordent en revanche pour considérer que l'IA va transformer profondément les métiers et les activités dans les années à venir. [...] McKinsey estime que 60 % des emplois actuels comprennent 30 % d'activités automatisables à une échéance de 20 à 40 ans. » (FranceIA, 2016), p.2.

Selon cette étude, nous pouvons considérer une nouvelle vision de l'intelligence artificielle : cette dernière va être présente dans tous les secteurs de la société et la première difficulté des entreprises consistera à transformer les métiers en tenant compte de l'intelligence artificielle. Aujourd'hui, cette mutation est nécessaire si les entreprises souhaitent survivre dans un monde globalisé, en revanche elle implique une réorganisation des activités.

FranceIA affirme au regard des études actuelles qu'il n'existe pas de consensus sur le nombre d'emplois détruits et créés. Le débat ne se concentre plus sur la destruction ou la création d'emplois mais sur la mise en place de synergies entre l'humain et la machine afin de contrôler au mieux cette révolution qui est déjà en marche.

En réalité, l'accès à des savoirs plus complexes va nécessiter une réorganisation de l'éducation, comme nous pouvons déjà le vivre avec les *MOOC*⁵⁸. Tandis que les entreprises doivent penser à réorganiser leurs activités, il incombe aux employés de se former sur l'intelligence artificielle. La vision de l'Europe est d'unifier les centres de recherches des États membres en créant une nouvelle synergie de collaboration afin de favoriser le développement de la recherche pour l'apprentissage de nouvelles compétences. Aussi bien sur le court, moyen et long terme, il est surtout question d'une société ne fonctionnant pas à deux vitesses avec une partie de la population délaissée qui n'aurait pas la possibilité de se préparer à cette transformation.

M. RODRIGUEZ énumère l'ensemble des processus d'une entreprise. À raison, l'ensemble de ces processus vont être touchés à terme par l'intelligence artificielle. À ce tableau ci-dessous, nous ajouterons une liste non exhaustive des impacts de l'intelligence artificielle.

⁵⁸ *Massive Open Online Course* : sites de cours et/ou de formations en ligne, par exemple Openclassroom (anciennement SiteDuZero).

Table 3 Impact des formes d'intelligences de l'IA sur les processus

Processus	Description
Relation avec les clients	Réorganisation complète de la structure et de la hiérarchie des activités
Relation avec les fournisseurs	L'organisation en silos devient obsolète. Amélioration de la coordination (ex. : réseau social)
Relation avec les partenaires	Orientation des activités vers les tâches à forte valeur ajoutée.
Relation avec les employés	
Processus internes	L'ajout du processus de l'intelligence artificielle tout d'abord en support ou comme outil principal.
Conception et développement de produit	Amélioration significative des performances.
Surveillance de la sécurité	En comparaison, un système de sécurité global pourra se montrer plus réactif qu'un ensemble d'agents de sécurité

Derrière ces processus, l'employé de demain devra être capable de s'adapter aussi bien dans l'acquisition de ses compétences que dans ses nouvelles tâches. Il ne convient pas de se concentrer sur les emplois que certains rapports ciblent mais bien sur l'ensemble des métiers car l'ensemble des activités sont ou sont amenées à être transformées. À ce titre, il convient de voir plus en détail comment gérer les employés, de manière pratique, dans une gestion de projet.

3.8.1 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET LES PROJETS INFORMATIQUES

Maintenons que nous réalisons que la communication est un élément clé, il convient de s'intéresser à la gestion des personnes dans un projet informatique, afin de déterminer au mieux l'impact que celui-ci peut avoir sur l'industrie de manière générale. Définissons tout d'abord les personnes du point de vue d'un chef de projet, comme des parties prenantes. Une partie prenante est définie comme : « *une personne ou une organisation activement engagée dans un projet ou dont les intérêts peuvent être affectés positivement ou négativement par le projet.* » (Erik W. Larson & Clifford F. Gray (2013). Chapitre 10 : le gestionnaire de projet efficace. Dans *Management de projet* (3^{ème} édition, p359). Chenelière éducation.

Ainsi, nous caractérisons la relation entre une personne et un projet de manière complexe, dépendant de l'influence de la personne et de son intérêt pour le projet. Une des étapes préparatoires à l'élaboration d'un projet constitue l'analyse de ces parties prenantes. Selon les études que nous avons parcourues, nous avons vu émerger une amélioration continue des méthodologies des processus, aussi nous allons rechercher les besoins à combler et favoriser leur expression à travers différentes méthodes : réunions, *gamification*⁵⁹, workshops ou encore, interviews. Au regard des études actuelles, l'intelligence artificielle pourrait être intégrée à cette partie comme le montre le tableau précédent. Ceci permettrait d'améliorer et de pousser plus loin le système de *gamification*.

⁵⁹ La gamification vise à intégrer des mécanismes issus de jeu afin de favoriser l'engagement et l'implication des ressources dans les objectifs stratégiques.

Il en résulte que pour contrôler au mieux l'impact de l'intelligence artificielle et s'assurer qu'elle reste un support pour l'humain, la **communication** est un élément vital. C'est un élément dans lequel l'être humain est plus efficace que l'intelligence artificielle ; un élément qui apporte une forte valeur ajoutée vis-à-vis des clients.

3.8.1.1 LA GESTION DES PARTIES PRENANTES

Un projet réussi prend aussi en compte la satisfaction des parties prenantes. Toutefois, aujourd'hui encore, l'informatique reste nébuleuse pour une partie importante de la population, aussi qu'en sera-t-il de l'intelligence artificielle ? La confusion reste présente et risque de s'intensifier en l'absence d'une meilleure communication sur les impacts et les enjeux de l'intelligence artificielle pour les parties prenantes.

Un premier point d'attention sur lequel nous devons insister sans cesse est l'aspect prédictif des données : **il est seulement possible de prédire ce que les données nous permettent de prédire**. Nous ne pouvons pas prédire le prochain achat d'un client si son profil type n'existe pas. Nous ne serons pas plus en mesure de conquérir le monde grâce à une application qui va déterminer le prix des maisons. Il convient de considérer cette étape afin de faciliter la transition en faisant comprendre aux gens un nouvel outil et en les familiarisant avec celui-ci. C'est une étape qui peut être longue et difficile, notamment si une partie des personnes ne sont pas convaincues de l'utilité du changement voire le refuse catégoriquement.

Dès lors, les parties prenantes qui vont subir le changement doivent être identifiées et informées de la mise en place d'un projet. Cela nous procure une vision du changement en fonction de l'expérience du collaborateur, mais aussi une meilleure répartition des influences des parties prenantes et nous évite qu'une personne monopolise la parole, créant ainsi une frustration pour les autres participants. De plus, cela permet de favoriser une bonne communication entre les parties prenantes, permettant de dénouer des situations complexes. **En opérant de la sorte, nous nous assurons d'être en mesure d'envisager les applications futures de l'intelligence artificielle sur le long terme.**

Selon l'introduction à l'intelligence artificielle dans son cours en ligne « *AI in business* », Agoria estime que celle-ci touchera principalement le *core business* d'une entreprise et donc une majorité des effectifs de celle-ci ; dans le cas d'I-care, c'est aux alentours de 80 %⁶⁰ du personnel qui sera impacté. Pour endiguer ce phénomène, nous devons souligner les aspects positifs mais également les craintes de l'intelligence artificielle.

D'une part, cela nous permet de rassurer les parties prenantes sur le fait qu'elles ne seront pas remplacées du jour au lendemain mais cela permet aussi d'obtenir de l'aide pour résoudre les

⁶⁰ Ce pourcentage est une estimation se fondant sur le total des personnes engagées comme ingénieur dans la société, et qui risquent d'être concernées.

problèmes et instaurer l'idée que l'intelligence artificielle est un outil. Ainsi, en se concentrant sur les problèmes métiers des parties prenantes, cet outil va passer du rôle de menace au rôle de support.

3.8.2 ÉTAPES PRÉPARATOIRES : DÉFINIR LE CONTENU D'UN PROJET 4.0

Maintenant que nous avons vu comment gérer les parties prenantes, quel est l'impact de l'IA sur la définition d'un projet ? Tout d'abord, définissons le concept de contenu. Selon Yves Constantinidis (2011), la définition du contenu d'un projet permet de :

- déterminer les objectifs ;
- définir le périmètre ;
- analyser les parties prenantes.

Il en résulte que ces actions sont interdépendantes, à titre d'exemple les spécifications d'un nouveau capteur sans fil nécessitent la collecte d'exigence auprès des parties prenantes et de déterminer le périmètre des fonctionnalités attendues pour réaliser la conception de ce dernier. Le schéma ci-dessous met l'accent sur la valeur créée par cette interdépendance.

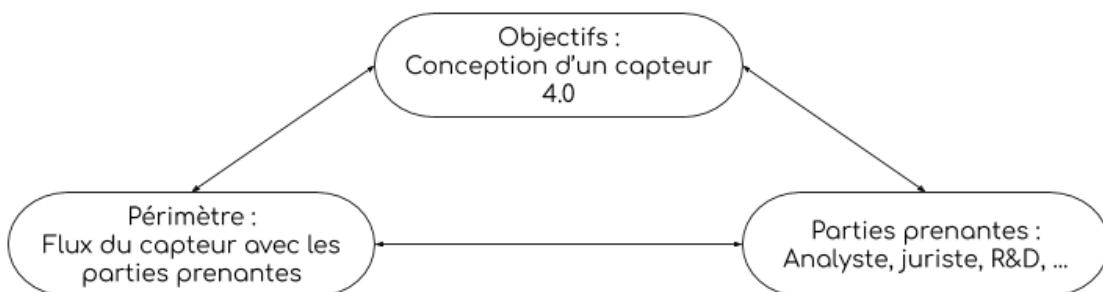


Figure 11 Exemple des étapes préparatoires à un projet

Cela montre une différence par rapport à un projet informatique classique : dès le début du projet, l'intelligence artificielle est présente. Il ne s'agit **plus** d'une fonctionnalité technique mais d'un réel outil. Cet outil va permettre de **définir la viabilité d'un projet**. Ainsi, la particularité d'un projet avec de l'intelligence artificielle se retrouve dans les besoins et les spécifications : une fois la question de l'enjeu énoncée, nous savons ce que nous cherchons à prédire. En revanche, les **moyens** pour résoudre le problème eux peuvent muter comme nous l'avons vu.

Nous allons nous intéresser au cycle de vie d'un projet dans une conduite de projet au sein duquel l'intelligence artificielle est présente. Dans le cadre du cas d'étude chez I-care, dès la définition du projet, l'intelligence artificielle est présente et constitue une priorité. Dans une grande partie des phases du projet informatique, elle va rester à un niveau « généraliste » car comme nous l'avons vu précédemment, il est rare d'obtenir avec une unique itération et dès le début un produit final. Il y a ici une tâche à forte valeur ajoutée qui peut être créée, à savoir la collecte pour la transformation nécessaire des données en amont du développement. C'est une étape cruciale qui peut, sur plusieurs

projets, entraîner un avantage dans le développement et la standardisation des solution puisque le temps nécessaire à la transformation des données s'amenuisera.

Pour conclure, il s'agit d'une première étape pour l'amélioration de la communication autour de l'IA dans un projet. De plus, cela peut aider les parties prenantes à contribuer de manière significative à un projet et à réduire de cette manière les problèmes liés aux traitements des données et à la consommation de temps dans les tâches. Si nous poussons la réflexion plus loin, ce processus pourrait être automatisé en fournissant un ensemble de règles que les données doivent respecter. Pour rappel, la transformation de données est l'étape qui exige le plus de temps.

3.9 CONCEVOIR UNE INTERFACE GRAPHIQUE INTÉGRANT L'IA

Ce dernier chapitre de l'état de l'art s'intéresse au fait de rendre les interfaces graphiques des applications intelligentes plus compréhensibles pour les utilisateurs. En effet, comment prendre en main une application instaurant l'intelligence artificielle en l'absence d'indicateur ? Ainsi, une méthodologie va être déployée pour apporter les dernières solutions quant aux difficultés de compréhensions des résultats d'un algorithme l'intelligence artificielle.

Comme nous l'avons vu, l'intelligence artificielle sera bientôt encadrée par la législation. Comme les autres domaines, cette législation va intégrer le quotidien des concepteurs d'interfaces. Pour représenter les études scientifiques précédentes, il est nécessaire d'imaginer les scénarios les plus réalistes quant au changement provoqué par la législation de l'intelligence artificielle sur le développement informatique.

Sur la base du livre blanc « White paper », le tableau ci-dessous nous montre une esquisse d'un modèle qui pourrait être utilisé en accord avec la prochaine législation. Bien entendu, le contenu de la législation n'est pas encore connu, mais le « White paper » nous permet déjà de mettre en place de bonnes pratiques. Dans le cas de l'industrie, il est même crucial que ce genre de méthode soit mise en pratique afin de s'en tirer ensuite un avantage concurrentiel.

Tableau 4 Feuille de route pour une IA éthique

Étape	Tâche
Définir les besoins utilisateurs	Les limites de l'outil sont spécifiées aux utilisateurs
	Les utilisateurs ont accès à la réponse de l'IA en un minimum d'effort
	Informier les utilisateurs sur les erreurs de l'IA
Rendre l'IA accessible	Possibilité de renforcer le modèle afin de corriger des erreurs
	Utilisation de l'IA sans internet
Transparence	Mentionner les données utilisées
	Permettre l'amélioration de l'IA
	Ajuster l'apprentissage
Vie privée, sécurité et contrôle	Intégrer des protections pour sécuriser les données
	Permettre de changer la configuration
	L'IA ne s'exécute qu'à la demande de l'utilisateur

Ces quatre étapes correspondent à des points clés de l'intelligence artificielle dans une application.

- Définir les besoins utilisateurs.
- Rendre l'IA accessible à tous les utilisateurs.
- Assurer de la transparence et sécuriser la vie privée des utilisateurs.

En effet, le personnel non technique n'est pas encore familier avec l'utilisation de l'intelligence artificielle et le design d'une application doit guider celui-ci en comblant leurs attentes. Mais il doit aussi prendre conscience des possibilités et des limites de l'outil. Ces dernières devraient même être accentuées pour éviter toute incompréhension, dérive ou excès de confiance.

Le second point d'intérêt est de faire comprendre que l'IA n'est pas infaillible. **La communication auprès des utilisateurs est cruciale** pour leur faire comprendre les erreurs qui peuvent survenir et des pistes de solutions pour y remédier, par exemple : utiliser du renforcement sur des données, autoriser l'utilisateur à changer des données et réentraîner le modèle, etc.

La transparence est sans aucun doute le point qui sera le plus important à respecter. Pour autant, il est peu probable que les algorithmes utilisés doivent être explicités. Ceci pour deux raisons principales.

- La sécurité : aussi bien celles des utilisateurs comme des industries, si des données sont piratées il ne faut pas pour autant que l'IA puisse être reproduite par les cibles.
- L'avantage concurrentiel : une entreprise qui a mis au point un algorithme avec des résultats excellents ne veut pas que ses concurrents puissent reproduire sa solution à moindre coût.

Tout comme le RGPD⁶¹, les législations qui seront utilisées sont d'ordre public. D'un côté cela permet aux utilisateurs d'avoir un gage de confiance dans l'utilisation de l'intelligence artificielle, de l'autre cela permet aussi de montrer sur quoi se fonde l'IA pour fournir ses résultats et montrer qu'ils sont cohérents. Un point intéressant serait de laisser l'utilisateur choisir la granularité du modèle afin d'avoir une solution tout à fait paramétrable. Cependant, dans le cas des industries, le souhait étant la solution « parfaite », cela semble hors de propos la plupart du temps, au contraire d'un projet informatique.

Enfin, le dernier point qui nous intéresse est le respect de la vie privée. L'utilisateur doit avoir conscience que l'intelligence artificielle fait partie d'une application et que les sécurités mises en place ont pour fonction de le rassurer et de renforcer la pertinence de l'application.

Pour conclure, l'utilisateur devrait pouvoir **contrôler** l'intelligence artificielle sans que cette dernière entreprenne des tâches trop importantes sans le consentement de ce dernier. Un dernier point d'attention est que l'industrie, tout comme la société, débute l'automatisation à un grande échelle. Il va donc y avoir énormément de nouvelles applications au fur et à mesure du développement des projets.

⁶¹ Rappel : Règlement Général sur la Protection des Données

4 MISE EN CONTEXTE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LES PROJETS

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à l'impact concret de l'intelligence artificielle sur l'entreprise I-care. Pour le mettre en évidence, nous commencerons par l'analyse stratégique de l'entreprise afin de considérer l'intelligence artificielle du point de vue du management. Ensuite, à l'aide, nous analyserons les projets 4.0 sur le court, moyen et long terme. Enfin, une synthèse de l'observation nous permettra d'ouvrir la discussion sur les résultats obtenus.

4.1 CONTRIBUTION PERSONNELLE ET ENJEUX DE L'IA

Comme discuté dans le chapitre *Les objectifs du travail* (cf.infra.p.2), l'analyse de l'impact de l'intelligence artificielle dans une entreprise est le livrable de ce mémoire. À ce titre, la grille d'évaluation ci-dessous permet de comprendre l'**évolution** de la perspective de l'intelligence artificielle dans une entreprise en tenant compte des enjeux des parties prenantes qui se sont impliquée dans les projets.

Tableau 5 Grille d'observation

Rôle	Influence	Pouvoir	Gain	Comportement

Cette grille est construite de manière à pouvoir analyser les changements de perception en fonction de l'implication de la partie prenante et concevoir par la suite les solutions utilisées pour avancer dans le projet. La méthodologie appliquée consiste en une analyse des comportements sur la durée des projets.

Dans le chapitre *Concevoir une interface graphique intégrant l'IA* (cf.infra.p.37), une autre contribution est la réalisation d'un tableau afin de vérifier que l'intelligence artificielle est intégrée de manière éthique dans une solution informatique.

4.2 BUSINESS MODEL CANVAS D'I-CARE AVEC L'IA

Le *Business Model Canvas (BMC)* d'I-care nous donne un premier aperçu des impacts. Nous avons vu que l'intelligence artificielle pouvait être **partout**, mais I-care la limite à certaines zones. Ainsi, à l'exception des relations client et des canaux de distribution les autres éléments du BMC sont touchés par l'intégration de l'IA.

Tableau 6 BMC d'I-care

Partenaires clés	Activités clés	Relation client	Segments clients
-Agoria -Emerson -EuroMultitel -Google - MicroMega -Lenovo -IBM -Pôle MecaTech -Région wallonne -Sagacify	Maintenance prédictive 4.0 -Outil de monitoring -Solution de fiabilité -Mesure & calibration Capteurs Formations internes Ressources -Ingénieur / Consultant R&D Développeurs -Support -Commerciaux -Technologie -RH	-Assistance -Support -Promotion Canaux de distribution -Direct plateforme -Annonce actualité partenaire clés -Annonce médias	-Process (Oil & Gaz) -Energie -Mine & Extraction -Fabricants d'équipements -Pharmaceutique -Alimentaire -Transport -Services (assurance, éducation)
Structure des coûts		Source de revenus	
-Achat et maintenance des composants pour les produits -Achat et location des licences (Office, Google, MHM...) Brevets Rémunération ressources		Contrat de projets (maintenance, fiabilité, etc.) Conseil Exportation de données Projets 4.0 Vente de capteurs	

Proposition de valeur : Nous sommes fiers de dire qu'I-care propose aux sociétés une véritable solution globale dans la gestion de l'état de fonctionnement des équipements industriels intelligents.

Pour les partenaires clés, de **nouveaux partenaires apparaissent**. Ces derniers sont spécialisés dans l'intelligence artificielle, c'est le cas d'IBM avec sa plateforme 4.0 Watson et Sagacify⁶². Bien qu'I-care dispose de quelques *data scientists*, son infrastructure n'est pas aussi développée que d'autres entreprises, ce qui justifie ces nouveaux partenaires.

⁶² PME bruxelloise dont l'intelligence artificielle est le *core business*

Dans le même temps, **les activités d'I-care s'étendent** avec des projets 4.0 à proposer à leurs clients. Nous l'avons décrit dans le chapitre *Étude sur la maintenance prédictive* (cf.infra.p.11), la maturité⁶³ du service d'I-care permet de proposer des services plus avancés aux clients.

Pour soutenir l'effort, **l'augmentation des ressources techniques** (R&D et *IT*) est cruciale. Le catalogue d'activités d'I-care permet d'ajouter une plus-value à la R&D avec une source de revenus croissante à travers les projets 4.0 vendus aux clients par les consultants de l'entreprise.

Enfin, le développement de nouveaux produits intelligents propres à I-care influe sur la structure des coûts, notamment pour les brevets liés à des projets *IIoT*⁶⁴. Nous pouvons noter en amont de ce BMC que la réduction des coûts du fait de l'intelligence artificielle n'est pas marquée, l'outil ne s'y prête guère.

Cependant, à la suite de mon master et de la phase de recherche de ce mémoire, je pense que nous nous dirigeons vers une culture du « tout connecté » **pour tous les domaines**. Dès lors, **de nouveaux segments clients pourraient être prospectés par la société**. Cette pensée est confirmée par l'étude de Selin Çoban (2018)⁶⁵. Aujourd'hui certains hôpitaux proposent un service entièrement informatisé et robotisé (exemple : l'hôpital informatique Chirec Delta). La maintenance prédictive peut générer des économies et une plus-value pour assurer le bon fonctionnement d'appareils coûteux parfois vitaux.

4.3 ANALYSE STRATÉGIQUE D'I-CARE

Nous allons examiner les impacts de l'intelligence artificielle d'un point de vue stratégique avec une vision moins proche des projets et des besoins clients. Certains aspects ne feront pas l'objet d'un impact par l'IA, néanmoins cette analyse a pour objectif de dresser un bilan sur le long terme, à horizon de cinq ans comme le propose PwC (cf.infra.p.16).

Tout d'abord, du fait de la présence d'un service de R&D, nous remarquons l'utilisation des deux démarches de management FIT⁶⁶ et STRETCH⁶⁷ à plusieurs niveaux. En dehors du département, l'orientation est plus portée sur une démarche de type FIT, l'entreprise souhaite soutenir son expansion à l'international pour développer ses activités et donc conquérir de nouveaux marchés. Les sources de profits et la réduction des coûts lui permettent un ancrage local relativement facile, notamment grâce à la supervision à distance offerte par le niveau trois de maturité.

⁶³ Pour rappel l'intelligence artificielle correspond à une maturité dans la maintenance prédictive de niveau 4.

⁶⁴ *Industrial Internet of Things*: internet industriel des objets avec une couche d'intelligence artificielle.

⁶⁵ *Predictive Maintenance in Healthcare Services with Big Data Technologies*

⁶⁶ Logique d'ajustement qui débute la réflexion d'un nouveau produit sur l'environnement externe d'une entreprise afin de connaître les objectifs à atteindre.

⁶⁷ Logique d'ajustement qui débute la réflexion d'un nouveau produit sur les compétences internes d'une entreprise afin de rendre le produit attractif pour le marché.

Pour appuyer cela, notons que l'an passé I-care a remporté un contrat avec deux industriels américains importants⁶⁸. Il n'y a aucun doute qu'I-care bénéficie - face aux gros concurrents - de sérieux avantages, notamment au regard de ses coûts.

En revanche, si les projets développés par la R&D concrétisent la stratégie future de l'entreprise, ces derniers doivent permettre à l'entreprise d'atteindre des objectifs spécifiques pour lesquels l'approche STRETCH correspond parfaitement à la R&D. Elle se fonde sur la possibilité de créer de nouveaux produits et services pour l'entreprise afin de renforcer son activité ou diminuer ses coûts internes.

4.3.1 DÉMARCHE STRATÉGIQUE

I-care est une entreprise spécialisée dans la maintenance prédictive des machines afin de réduire les coûts de réparation des machines industrielles grâce à des techniques d'analyse principalement vibratoires. Elle ambitionne d'être une référence mondiale dans les prochaines années.

En revanche à quels besoins **concrets** répond-elle ? Elle répond essentiellement à un besoin d'économies et de fiabilité. Les coûts imprévus et les problèmes engendrés par les équipements défectueux peuvent paralyser des lignes de production. Grâce à ses analyses, elle est capable d'éviter les pannes ou l'arrêt inopiné de production d'un équipement.

Si nous considérons le processus sur les cinq prochaines années, l'intelligence artificielle permettrait tout à la fois de collecter automatiquement les données, d'anticiper les problèmes futurs, d'optimiser le temps des analyses (automatiques et non manuelles) et d'avoir une précision accrue sur la date à laquelle les problèmes sont apparus et la date butoir avant la « casse ». Ainsi le métier d'ingénieur fiabilité serait amené à évoluer **dans certaines entreprises** en orientant ce métier davantage vers les plans de maintenance et le changement des pièces d'équipement. Nous l'avons vu dans le chapitre *Étude de PwC sur la maintenance prédictive* (cf.infra.p.10), le niveau de maturité est trop épars et même dans le meilleur des cas, l'ensemble des clients **ne pourront acquérir un niveau au-delà de leurs moyens (et besoins)**. Cette affirmation sera étayée plus en pratique lorsque nous observerons les projets à moyen terme (cf. supra. p.67)

Toutefois, répondre à un besoin ne saurait être un but en soi en l'absence des valeurs qui y sont attachées. Ainsi, les valeurs prônées par I-care telles que le respect de l'humain, la performance et la durabilité vont de concert avec la vision éthique de l'intelligence artificielle défendue par l'Union européenne. Mais, avec les changements économiques actuels, I-care pourrait adapter ses valeurs avec par exemple : **la responsabilité sociétale, le développement éthique et durable**. Nous voyons que par sa culture d'entreprise et son contexte, l'intégration de l'IA chez I-care va pérenniser ces valeurs. Les valeurs englobent des axes autour des questions de l'IA (cf.infra.p.22). Ces valeurs pourraient facilement permettre à I-care de tirer parti de l'intelligence artificielle et de

⁶⁸ Ces données étant confidentielles, elles ne seront pas présentées dans ce mémoire.

rassurer sur ses intentions et ses produits. Afin d'éviter un impact social important (licenciements), l'adaptation des compétences du personnel est cruciale.

4.3.2 DIAGNOSTIC STRATÉGIQUE EXTERNE D'I-CARE

Nous allons parcourir les deux tendances suivantes : le macro-environnement et le microenvironnement. Dans le macro-environnement, nous nous intéresserons aux structures qui évoluent dans l'entreprise tandis que le microenvironnement portera sur la compréhension de la concurrence du secteur d'I-care.

4.3.2.1 ANALYSE DES GROUPES STRATÉGIQUES(DAS)

I-care se concentre sur la maintenance prédictive et la fiabilité dans sept domaines : process (pétrochimie, chimie et essence & gaz), énergie, mine & extraction, équipement, pharmaceutique & alimentaire, transport et les services. Nous pouvons détecter trois domaines d'activités stratégiques pour l'entreprise :

- maintenance prédictive & fiabilité : le cœur d'I-care, le service qu'elle offre ;
- plateforme industrielle : plateforme d'analyse vibratoire à distance ;
- équipements : vente d'équipements divers pour soutenir les opérations.

Tableau 7 Les DAS d'I-care

DAS	Maintenance prédictive	Plateforme cloud	Equipementier
Services & produits	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Business</i> -Plan de maintenance -Analyse vibratoire -Consultant fiabilité -Maintenance 4.0 -Gouvernance informatique -Cyber sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Business analytics (BI, Big Data & ML</i> -Integration 	<ul style="list-style-type: none"> -Capteurs sans fil -Collecteur de données sans fil -Capteurs intégrant le ML -Instruments de mesure(+kit)

Les éléments en gras sont les points pour lesquels l'impact de l'intelligence artificielle sur l'industrie sera le plus visible. Dans les cinq ans qui vont suivre, I-care sera en mesure de fournir de manière complète et commerciale ces solutions. Actuellement, des preuves de concepts et des projets pour des clients nécessitant de l'intelligence artificielle ont été réalisés avec succès, toutefois sans une offre globale.

Du côté de la gouvernance informatique, l'orientation de l'entreprise privilégie l'approche *Data Driven*⁶⁹ avec une plus grande possibilité d'action grâce aux données. Durant les deux ans de l'alternance, j'ai pu constater la prise de conscience du manque de gouvernance informatique dans l'entreprise et une gouvernance informatique tend tout doucement à se mettre en place avec une méthodologie de travail plus réfléchie qu'auparavant. L'IA est une cause indirecte de ce changement. Nous le savons avec l'expérience : le changement prend du temps.

4.3.2.2 PESTEL

Dans cette partie, nous allons utiliser un outil pour **imaginer** les futurs possibles, le modèle STEEPLE⁷⁰. Ce modèle couplé au modèle des 5 forces de Porter permet d'effectuer une analyse micro-environnementale et ainsi de détecter les facteurs clés de succès. Le modèle STEEPLE ci-dessous situe l'entreprise dans les cinq ans.

Tableau 8 STEEPLE d'I-care

Politique	Economique	Social	Ethique
<ul style="list-style-type: none"> - régulation des produits - mise en place d'une législation européenne sur l'IA - programme de développement de l'IA pour les entreprises - taxe sur les sociétés utilisant l'IA 	<ul style="list-style-type: none"> - marché à forte croissance - augmentation des coûts en R&D - digitalisation des secteurs publics (hôpitaux ...) - fonds européen pour le développement de projets avec IA 	<ul style="list-style-type: none"> - pénurie de profils IT (50 000 postes en 2020) - manque de compétences suffisantes - intérêt de la population pour la maintenance prédictive 	<ul style="list-style-type: none"> - transparence des produits 4.0 - destruction d'emplois
Technologique	Environnement	Légal	
<ul style="list-style-type: none"> - développement de l'<i>(I)IoT</i> - développement de capteurs sans fil - investissement IA (Belgique, Europe) - accélération de la digitalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - équipement avec une faible consommation énergétique - intégration du <i>green IT</i> dans l'entreprise - défis à long terme pour les réserves de matériaux rares 	<ul style="list-style-type: none"> - protection des données (RGPD) couplée à l'IA - intégration des responsabilités de l'IA dans l'entreprise 	

⁶⁹ Le *data driven* consiste à utiliser les données du client pour concevoir des plans d'actions et faciliter les prises de décisions. Le concept n'a pas été présenté car I-care ne fait que « lire » les données de ses clients pour proposer des solutions ou plan d'actions.

⁷⁰ Le modèle « steeple » analyse les aspects de l'analyse : social, technologique, économique, environnement, politique et légal). Il est semblable au modèle PESTEL mais rajoute l'éthique.

<ul style="list-style-type: none"> - puissance de calcul - banque de données historiques - internalisation des équipements ⁷¹ 			
---	--	--	--

À la suite de l'analyse STEEPLE, diverses opportunités et menaces apparaissent pour I-care.

- Les opportunités :

- L'incorporation du *big data* et de l'intelligence artificielle nécessite deux éléments : la puissance de calcul et l'espace de stockage. Si le dernier point n'est pas actuellement problématique étant donné l'infrastructure existante de la diversité des données, le premier point nécessite de trouver des solutions économiques. C'est dans cette optique qu'entrent en jeu les partenaires clés avec leurs outils plus avancés.
- La tendance du secteur s'oriente vers une demande d'automatisation et de réduction des coûts liés à la maintenance prédictive. L'entreprise devra confirmer un meilleur savoir-faire que des entreprises dont la maintenance prédictive est une activité accessoire.
- L'engouement autour de la maintenance prédictive peut permettre à I-care d'accroître sa visibilité. Dans le même temps, son expansion en Amérique (le plus gros marché) se confirme.
- La digitalisation des secteurs publics comme les hôpitaux pourrait permettre à I-care d'accéder à de nouveaux clients et des perspectives de diversification.

- Les menaces :

- Le secteur de la maintenance prédictive est un secteur actuellement réservé principalement aux industriels, la démocratisation dans les années qui viennent risque de faire naître de nouveaux concurrents.
- La société doit fournir des solutions au moins équivalentes aux leaders du marché pour continuer de s'étendre.
- Le paysage des concurrents actuels se révèle épars : excepté les leaders mondiaux, les entreprises dont l'activité principale est la maintenance prédictive restent rares. En Europe (où I-care est leader), nous rencontrons plus des concurrents indirects dont les activités accessoires se rapprochent de celles d'I-care.

⁷¹ La dépendance première d'I-care actuellement est envers des équipementiers (Emerson). A terme, I-care aura produits ses propres instruments de mesure et la dépendance envers Emerson disparaîtra.

4.3.2.3 LES SCÉNARIOS 4.0 POUR I-CARE

L'intelligence artificielle a été intégrée à la *roadmap* d'I-care et l'entreprise renforce son offre 4.0. Bien qu'une stratégie soit déjà effective, il convient de proposer des scénarios pour imaginer les possibilités futures de l'IA dans l'entreprise. Comme nous l'avons vu dans le chapitre *L'intelligence artificielle et ses perspectives* (*cf.infra.p.20*), l'exercice le plus difficile consiste à penser à l'ensemble des fonctionnalités pour un produit donné. En établissant ces scénarios, nous pourrons effectuer l'exercice mais aussi fournir à l'entreprise sur base de notre formation, un retour quant aux diverses possibilités.

L'entreprise automatique : la société automatise la très grande majorité de ses activités avec l'intelligence artificielle. Le *core business* est entièrement automatisé et la prédiction dans la maintenance atteint son paroxysme, l'entreprise se sépare d'une grande partie de ses effectifs au détriment de l'image sociale mais réalise des bénéfices extraordinaires. Les équipes IT et R&D se renforcent tandis que les équipes liées à la maintenance prédictive diminuent drastiquement. Afin d'assurer son expansion, l'entreprise décide d'appliquer une politique de prix agressive tout en assurant un service de qualité.

L'entreprise 4.0 : la société tire profit de l'intelligence artificielle pour améliorer son service en réduisant ses coûts internes. Soucieuse de son image, la société met en place un ensemble de formations pour former ses ingénieurs au travail de demain tout en ayant un contrôle sur l'ensemble de sa chaîne de valeur afin de s'adapter aux changements du marché. **C'est cette stratégie qui est poursuivie actuellement.**

L'entreprise fluide : la société intègre l'intelligence artificielle pour l'ensemble de ses activités accessoires par exemple le support. Cependant, l'analyse des données reste entre les mains des analystes. Le développement d'une solution globale 4.0 laisse place à une réduction des coûts internes (réalisation des plans de maintenance, délais, décisions etc.) mais l'intelligence artificielle n'est qu'un support.

L'entreprise métier : l'entreprise externalise l'ensemble des activités qui ne concernent pas son *core business* et réalise des partenariats avec des fournisseurs de solutions (comme IBM) pour résoudre ses besoins *IT* et à ceux de l'industrie 4.0.

4.3.2.4 LES 5 FORCES DE PORTER

Nous avons présenté I-care comme un acteur mondial. Ancrée en Europe, l'entreprise renforce son expansion en Asie et en Amérique du Nord depuis plusieurs années. Cette expansion concerne 88 % du marché mondial de la maintenance prédictive (voir annexe B : le marché de la maintenance prédictive). Comme nous l'avons mentionné précédemment, les secteurs sont divers et les opportunités éclosent successivement. En effet, les entreprises demandeuses de réduire leurs coûts (dans la maintenance des équipements) deviennent de plus en plus nombreuses, le retour sur investissement étant très profitable pour ces dernières. Tout comme sa présence à l'internationale, I-care couvre une très grande partie des secteurs de la maintenance prédictive, lui offrant ainsi une possibilité d'expansion accrue pour les prochaines années.

En matière de barrières à l'entrée, nous devons considérer que l'investissement sera de plus en plus significatif. En effet, derrière la volonté d'accroître la maturité de la maintenance prédictive dans les entreprises, la connaissance des machines et la création des plans de maintenance sont un actif d'expérience qui nécessite du temps pour être élaboré et donc de l'argent. La connaissance du métier à l'aide de données historiques permet de niveler positivement la barrière à l'entrée.

Quant aux barrières à la sortie, nous avons les clauses légales des services offerts par I-care envers ses clients, ainsi que les investissements dans la R&D et l'acquisition des compétences pour permettre à I-care de développer son propre écosystème.

Le pouvoir de négociation des fournisseurs se révèle faible. À l'exception d'Emerson⁷² qui dispose d'un potentiel d'impact plus important, car l'entreprise sous-traite une partie des activités à I-care, les fournisseurs concernés proposent principalement des composants électroniques. I-care fabrique la majorité de ses produits et se positionne donc aussi comme un fournisseur⁷³. Dans les années à venir, la présence d'Emerson devrait diminuer avec la commercialisation des instruments de mesure d'I-care.

Au contraire, le pouvoir de négociation des clients est important. Le secteur industriel est à la fois très demandeur de maintenance prédictive mais aussi soucieux des coûts. Il n'est pas rare que les clients demandent des réductions de coûts si l'ensemble de leurs installations ne présentent pas de problèmes majeurs. Cette attitude peut aller jusqu'à la rupture du contrat, rendant de facto les relations plus tendues.

Cependant, la menace des nouveaux entrants se révèle importante à considérer malgré les barrières à l'entrée. En effet, un secteur attractif apporte une multitude de concurrents, dont certains pourraient changer les approches, particulièrement avec l'intelligence artificielle. Il est fort probable que des entreprises industrielles existantes ajoutent la maintenance prédictive à leur offre,

⁷² Emerson est une entreprise fournissant une large gamme de services : conseil, gestion de projet et plan de maintenance, services d'ingénierie. Elle est l'un des leaders du secteur de la maintenance prédictive.

⁷³ Fin avril, les médias ont parlé de la société notamment pour sa caméra infrarouge pour détecter la fièvre (un des symptômes du coronavirus).

tout comme de jeunes PME fournissant avec l'intelligence artificielle une méthodologie plus efficace pour détecter les problèmes à moindre coût. Nous devons prendre en compte l'absence de coûts dû à l'absence de certifications si l'activité est réservée en interne.

Nous voyons aussi éclore des produits de substitution avec la capacité de servir de base pour une utilisation plus développée dans le futur (voir annexe C : Phyphox). La révolution de cette application est de n'utiliser que les composants d'un smartphone pour effectuer une analyse vibratoire. Ainsi, des solutions (parfois gratuites) émergent et attisent l'intérêt pour le secteur. Heureusement, la maintenance prédictive n'est pas uniquement concentrée sur l'analyse vibratoire, mais aussi sur la reconnaissance des défauts, la gestion des parcs de maintenance, le reporting **et l'analyse prédictive des défauts.**

Quant à l'influence des pouvoirs publics, elle est actuellement faible car le secteur de l'industrie est un très grand pourvoyeur d'emplois, le nombre grandissant d'ingénieurs recrutés chaque année en est la preuve. Suivant la législation sur l'IA, les pouvoirs publics pourraient avoir une influence importante avec le recours à la taxation sur les données, les logiciels et robots (capteurs intelligents).

À l'aide des 5+1 forces de Porter, nous constatons que les acheteurs et l'intensité concurrentielle sont les éléments les plus significatifs. Ce point confirme la démocratisation soulevée par les différentes études sur le futur de la maintenance prédictive.

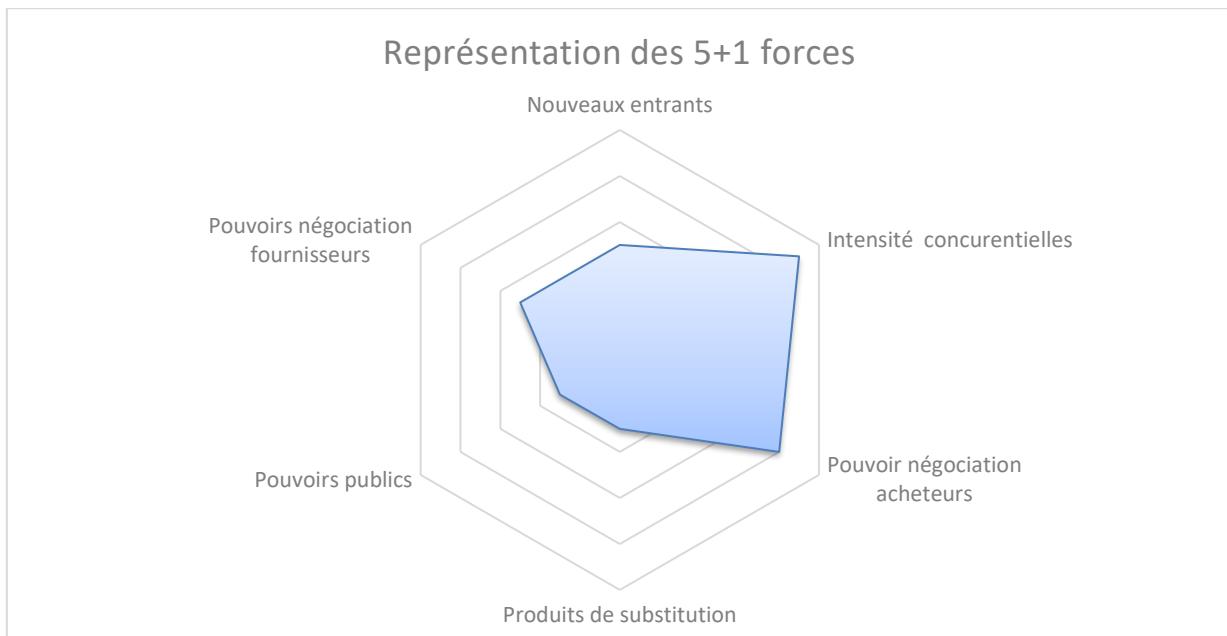
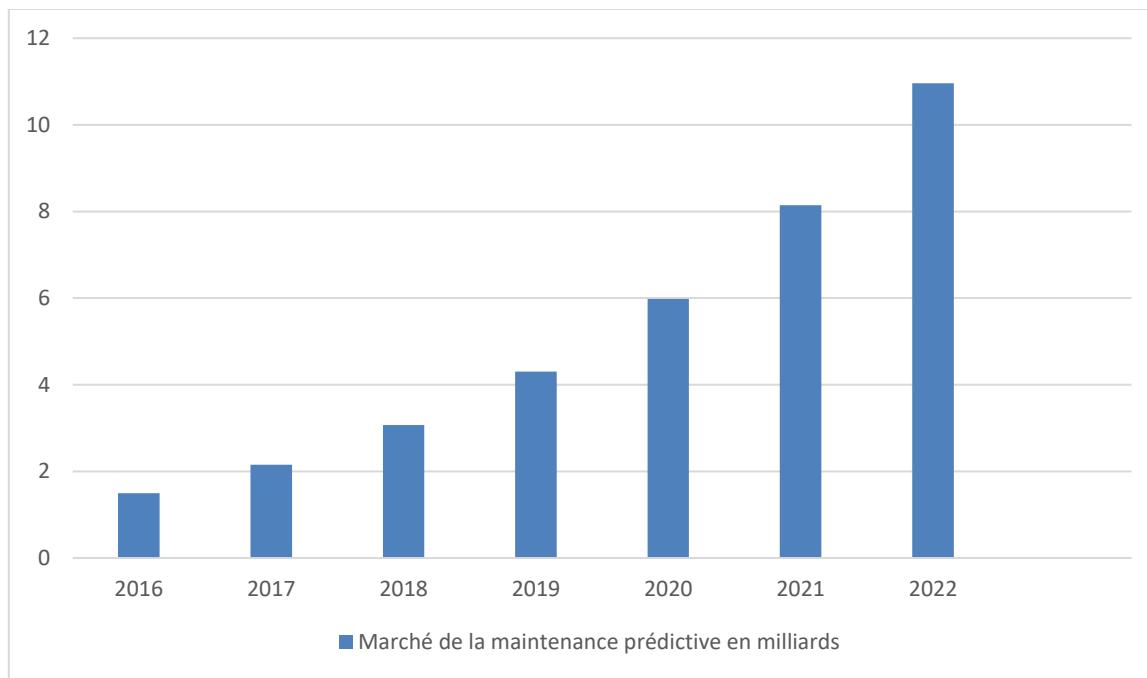


Figure 12 Radar d'Icare sur les 5+1 forces de Porter

4.3.2.5 CARTOGRAPHIE DU DAS MAINTENANCE PRÉdictive

Selon Scully P. (2017), le secteur portera sur 25 milliards de dollars (22.8 milliards d'euros), le marché va donc suivre l'engouement autour de la maintenance prédictive. Si les chiffres diffèrent d'une étude à l'autre à cause de la composition des entreprises considérées, nous retrouvons une hausse constante de 30 à 40 % par année. Un extrait de l'annexe B : le marché de la maintenance prédictive se trouve ci-dessous.

Tableau 9 Marché de la maintenance prédictive en milliards



Source : Scully, P. (2017). *New Report Indicates US\$11 Billion Predictive Maintenance Market By 2022, Driven By IoT Technology And New Services*. Récupéré sur : <https://iot-analytics.com/report-us11-billion-predictive-maintenance-market-by-2022/>

Cependant, dans le contexte du mémoire il est plus intéressant de comprendre la raison des différences entre les études et surtout la segmentation que cause l'intelligence artificielle dans les services. À l'heure actuelle, nous avons deux groupes principaux.

- Les entreprises de services informatiques (IBM, SAP, SAS, etc.) : elles disposent d'une expertise informatique sans précédent. Elles ne sont pas concentrées sur un domaine particulier et peuvent donc proposer des solutions à n'importe quel secteur.
- Les entreprises dans la maintenance prédictive (Emerson, GE, SKF, Siemens, I-care, etc.) : elles jouissent d'une expertise dans le secteur et affichent une qualité éprouvée pour leurs solutions. À l'inverse du premier groupe, le point fort n'est pas l'informatique mais la connaissance métier.

Cependant, c'est principalement un marché de service (environ 70 % de la valeur totale contre 30 % d'équipements). Ce service passe par l'élaboration de plans de maintenance et d'études des

signaux vibratoires. L'intégration de l'intelligence artificielle permet d'avoir une offre renforcée dans le service et donc de capter une rente plus importante.

Face à l'attrait du secteur, les entreprises informatiques vont faire appel à des entreprises de la maintenance prédictive plus petites comme I-care afin de proposer à travers leurs outils la connaissance métier qui leur manque. C'est une relation d'interdépendance qui va s'installer : les sociétés de maintenance prédictive ayant accès à un plus large éventail de clients et les entreprises informatiques gagnant des parts de marché dans le secteur.

De mon point de vue, l'intelligence artificielle change radicalement les fonctionnements des secteurs, avec l'arrivée de nouveaux concurrents, jusqu'à redessiner les segments des entreprises au sein d'un secteur.

Cependant, il existe une autre option qui est en train de voir le jour : la collaboration des entreprises spécialisées dans un secteur. Nous le verrons plus en détail dans le chapitre *Le projet PI-AI : l'IA collaborative*.

4.3.2.6 FACTEURS CLÉS DE SUCCÈS

Nous pouvons extraire les facteurs clés de succès dont les barrières spécifiques au secteur de la maintenance prédictive que sont la conformité des produits, la gestion de la maintenance et le contrôle des coûts. La maîtrise de la création des plans de maintenance et de l'analyse des données sont des facteurs clés de succès qui permettent d'apporter une **forte valeur ajoutée**. La maîtrise des infrastructures industrielles permet des économies d'échelle.

Enfin, l'incorporation et la maîtrise de l'IA dans l'analyse vibratoire est un facteur clé de succès visé par I-care. Par rapport aux études, nous constatons qu'un accent important est mis sur la compréhension des données mais nous avons ici un premier aperçu de la complexité. À ces dernières, sur la base de l'expérience de terrain, je souhaite intégrer l'importance de l'intelligence artificielle dans la stratégie de l'entreprise. Même si la tendance est à la démocratisation, la maintenance prédictive reste un domaine complexe comme nous l'avons constaté dans le chapitre *Comparaison des roadmaps 4.0 d'I-care et PwC* (cf.infra.p.14), avec l'intégration de l'intelligence artificielle dans une stratégie qui est cruciale.

Enfin, le secteur nécessite des capteurs de mesure et des certifications. Il ne fait aucun doute que l'entreprise qui possède déjà des capteurs aura un avantage compétitif sur les autres concurrents car ces capteurs seront les outils de base pour la collecte des données. Ainsi, si une PME possède une IA révolutionnaire mais aucun capteur, elle devra passer par une entreprise tierce, très probablement présente dans le secteur de la maintenance prédictive.

4.3.3 DIAGNOSTIC STRATÉGIQUE INTERNE

L'inventaire des compétences d'I-care peut être résumé de la manière suivante :

Table 4 Compétences stratégiques d'I-care

Type	Élément
Ressources seuils	Consultants Plateforme cloud Instruments de mesure
Ressources uniques	Certifications industrielles Capteurs
Compétences seuils	Connaissances dans la maintenance prédictive (15 ans) Connaissance dans la gestion des plans de maintenance Connaissances dans l'IA
Compétences cœurs	Expertise dans la maintenance prédictive Expertise dans des technologies variées Maîtrise du domaine industriel

Le conseil est une ressource seuil, en raison du type d'activité de l'entreprise : elle vend un service. Ceci se reflète également dans la chaîne de valeur pour laquelle le conseil se trouve au cœur de l'offre. Les capteurs sont une ressource unique. En effet, ce sont les équipements à la base de la récolte de données. Dans le cas d'I-care, l'entreprise a développé **ses propres capteurs**, dès lors elle possède une ressource unique. Cet élément montre la différence entre la possession d'une ressource unique et le recours à un prestataire externe (ex. Emerson) pour l'obtenir. La connaissance de l'IA reste une compétence seuil, partagée par toutes les entreprises du secteur. Cette dernière, couplée aux compétences du *core business*, permet un apport unique dans le domaine industriel.

4.3.3.1 MODÈLE VRIN

Le modèle VRIN (valorisable, rare, inimitable, non substituable) permet de détecter les avantages concurrentiels dans les ressources et compétences. Le tableau suivant permet de déterminer sur base du modèle d'I-care, où l'entreprise se situe par rapport à ses concurrents, mais aussi de comprendre l'impact de l'IA dans l'implication concurrentielle et économique.

Tableau 10 Modèle VRIN d'I-care

Nom	Valorisable	Rare	Inimitable	Non substituable	Implication concurrentielle	Implication économique
Consultant	Oui	Non	Non	Non	Parité	Normal
Plateforme cloud	Oui	Non	Non	Oui	Parité	Normal
Instruments de mesure	Oui	Non	Non	Oui	Parité	Normale
Certifications industrielles	Oui	Non	Non	Oui	Avantage temporaire	Au-dessus de la normale
Capteurs	Oui	Oui	Non	Non	Avantage temporaire	Au-dessus de la normale
Connaissances dans la maintenance prédictive	Oui	Non	Non	Non	Parité	Au-dessus de la normale
Connaissances dans la gestion des plans de maintenance	Oui	Non	Non	Non	Parité	Au-dessus de la normale
Connaissances dans l'informatique	Oui	Non	Non	Non	Parité	Au-dessus de la normale
Connaissances dans l'IA	Oui	Non	Non	Non	Parité	Au-dessus de la normale
Expertise dans la maintenance prédictive	Oui	Oui	Oui	Oui	Avantage durable	Au-dessus de la normale

Expertise dans des technologies variées	Oui	Oui	Oui	Oui	Avantage durable	Au-dessus de la normale
Maîtrise du domaine industriel	Oui	Oui	Oui	Oui	Avantage durable	Au-dessus de la normale

Ainsi, la maîtrise du domaine industriel est inimitable, notamment grâce à l'expérience nécessaire qui s'acquiert au fil du temps. Cette maîtrise s'enrichit avec le temps et renforce la difficulté des nouveaux acteurs de pénétrer durablement le marché. Même s'ils peuvent proposer des offres moins chères, à terme ils ne pourront pas soutenir des prix bas et offrir la même qualité de service.

Les capteurs sont omniprésents, cependant I-care se démarque (comme d'autres entreprises) par le développement de ses propres capteurs qui répondent aux standards industriels. Couplés à l'intelligence artificielle, ces capteurs pourront à terme offrir des pré analyses par renforcement.

La plateforme cloud devient un standard pour chaque entreprise, avec pour objectif une plateforme ouverte pour les clients. À ce jour, chaque entreprise doit disposer d'une plateforme à destination des clients pour prospérer. La diversité permet aussi à une société de transformer ses activités et de se diversifier. On retrouve cette force, notamment dans les DAS (cf.infra.p.44).

Dans les législations actuelles, les produits doivent être certifiés. Posséder cette compétence permet non seulement d'ouvrir des marchés mais aussi d'être capable de conformer ses produits à des exigences politiques (certifications) et commerciales. Derrière l'accès à divers marchés, le coût des certifications peut être lourd si le *ROI* ne s'avère pas suffisant. Ainsi, les sources d'avantages concurrentiels qui émergent du modèle sont :

- les avantages durables : expertise dans la maintenance prédictive, maîtrise du domaine industriel et expertise dans des technologies variées ;
- les avantages temporaires : certifications industrielles et les capteurs.

4.3.3.2 LA CHAÎNE DE VALEUR D'I-CARE

La chaîne de valeur ci-dessous est un outil permettant d'analyser les activités qui fournissent de la valeur pour le client. Dans la continuité du cas d'étude, nous allons nous intéresser à l'apport de l'intelligence artificielle dans la chaîne de valeur d'I-care. Pour mettre en relief l'impact **global**, une chaîne de valeur classique et une chaîne de valeur orientée service seront présentées. À l'inverse d'une chaîne de valeur classique, la chaîne de valeur « *value shop* » correspond parfaitement aux entreprises qui délivrent un service avec une haute utilisation de la technologie et une activité de R&D. Cependant, la visibilité des changements est moindre, de ce fait les deux seront utilisées.

Tableau 11 Chaîne de valeur d'I-care

Infrastructure	Bâtiments, audit de contrôle			
Gestion RH	Acquisition de talents : recrutements de profils IT, d'ingénieurs 4.0 et de data scientist			
Développement Technique	Plateforme cloud, projets 4.0			
Approvisionnement	Logistique, matériel, logiciel et sous-traitance			
Logistique interne	Production	Logistique sortante	Marketing & Vente	Services
Certifications (ISO, ATEX, etc.)	Développement IIoT/4.0	Matériel industriel (capteurs, et instrument de mesure)	Commerciaux Interview dans la presse Réponse à des appels d'offres Salons et événements Social marketing Universités	Plateforme cloud Maintenance prédictive (4.0) Fourniture de services (ex : analyse des équipements)
Compétences expertes	Social marketing			
Électronique	Service et conseil			
Mise à niveau des experts	Plans de maintenance			
Partenariats				
Software (licences)				

En pratique, le développement de l'intelligence artificielle ouvre des perspectives diverses, non seulement dans les secteurs clients de l'entreprise, mais aussi dans les produits et services. Comme nous l'avons vu, le service offert par l'entreprise intègre l'IA, mais la stratégie de l'entreprise est d'intégrer l'IA intégrée à toutes les parties de son *core business*.

Par rapport à la destruction des emplois que certaines études énoncent, la volonté de l'entreprise est de mettre à jour les compétences de son personnel pour assurer le développement des nouvelles solutions et fournir des services avec une forte valeur ajoutée.

Une autre vision de cette chaîne est la « Value Shop » ci-dessous, orienté vers les services de l'entreprise. Dans le cycle **Recherche de solutions & acquisition**, I-care va déployer une équipe pour créer le plan de maintenance de l'équipement et envoyer des personnes collecter les données des équipements (à l'aide de capteurs installés sur les équipements). Le déploiement peut se faire sur le site du client ou à distance⁷⁴.

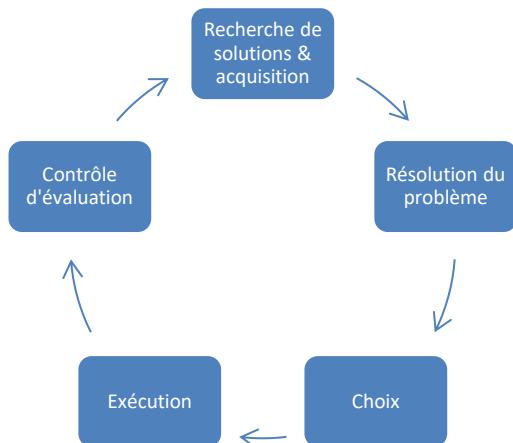


Figure 13 Value Shop

Par la suite, **la résolution de problèmes** implique une analyse des équipements afin de détecter des anomalies et les classifier par sévérité et criticité. C'est dans cette partie que l'intelligence artificielle sera présente.

Dans le **Choix**, le client est libre de choisir de régler les problèmes ou non. Habituellement, l'équipement fonctionne jusqu'à la limite de la casse et les pièces

défectueuses sont changées à ce moment-là. Lorsqu'un problème pouvant provoquer une panne ou une casse d'une machine est détecté, le client obtient la valeur maximale du service.

Dans l'**exécution**, il est question d'incorporer la solution de maintenance de l'équipement si le client le décide. L'équipe déployée aide à la maintenance de l'équipement. Enfin, **le contrôle d'évaluation** consiste à vérifier si après une maintenance, l'équipement fonctionne correctement.

Nous voyons ici qu'il existe une très grande synergie entre les différents DAS d'I-care. Les DAS font parti de la même stratégie ce qui explique l'intégration de ces derniers dans la même chaîne de valeur. À travers la *roadmap 4.0* d'I-care (cf.infra.p.14), nous confirmons que dans une entreprise de services, l'intelligence artificielle est présente pour **améliorer le service client**.

⁷⁴ Pour rappel I-care offre l'ensemble des maturités de maintenance prédictive, dont la supervision des équipements à distance.

4.3.4 SYNTHÈSE SWOT

Nous pouvons synthétiser l'analyse stratégique à l'aide d'une matrice *SWOT*⁷⁵. I-care possède la taille nécessaire pour fournir des prix compétitifs sur les différents marchés mondiaux couplés à un service de qualité. Cela permet à l'entreprise de réduire ses coûts et de s'aligner sur ses concurrents.

Dans trois à cinq ans, I-care aura maîtrisé et détiendra tous les éléments d'une solution de maintenance prédictive 4.0 : capteurs, instruments de mesure et outil de visualisation des données. Bien que centrée sur le marché européen, l'entreprise poursuit l'expansion à l'international, même si elle n'est pas encore significative.

Depuis plusieurs années, une relation de confiance s'est établie avec ses clients, ces derniers n'hésitant pas à demander et financer certains projets 4.0 pour leurs besoins. À terme, elle possèdera un éventail de solutions complet capable d'accompagner tous les niveaux de maturité et besoins des clients, ainsi que de s'adapter aisément à leurs évolutions. Cependant, elle possède une petite équipe technique (IT et R&D) qu'elle devrait augmenter afin d'accélérer le développement des projets 4.0.

⁷⁵ La matrice *SWOT* (*Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities*, *Threats*) permet de déterminer dans un domaine stratégique l'ensemble des options en tenant compte de l'ensemble des paramètres suivants : forces, faiblesses, opportunités et menaces de l'entreprise.

Tableau 12 SWOT d'I-care

	Atouts	Handicaps
	Forces	Faiblesses
Origine interne	<ul style="list-style-type: none"> -15 ans d'expérience -Prix compétitif face aux concurrents -Certifications -Leader européen -Dispose de ses propres produits -Personnels certifiés -Maîtrise les maillons de la maintenance prédictive 	<ul style="list-style-type: none"> -Dépendant des industries -Faibles marges possibles de profits -Innovation lente -Sous-effectif IT
Origine externe (marché)	<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> -Plateforme collaborative -Expansion à l'international -Les concurrents peuvent être présents dans d'autres secteurs -Financements européens & Région wallonne -Volonté de l'Europe d'être un leader dans l'IA 	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> -Augmentation des prix des matériaux rares -Évolution des lois autour de la protection de la vie privée -Marché fortement concurrentiel

4.4 LA STRATÉGIE D'I-CARE AVEC LES PROJETS 4.0

Contrôler l'impact de l'intelligence artificielle passe par la réussite des projets 4.0. La collaboration entre les départements est critique et elle nécessite de construire des ponts entre les différents acteurs de la société. La construction des activités futures d'I-care va façonner son succès dans les années à venir. Ainsi, les projets menés par la R&D en collaboration avec d'autres départements sont **critiques** et nécessitent l'expertise métier.

En pratique, les personnes de la R&D peuvent avoir une connaissance métier (ce qui est majoritairement le cas). Ainsi, dans le cas d'I-care, l'entreprise possède des ressources avec les compétences métiers et informatique nécessaire, ce qui est un avantage certain. La compréhension des données passe aussi par une connaissance mathématique du domaine.

Ainsi, comme dans tous les projets chez I-care, les perspectives apportées par l'intelligence artificielle n'ont pas pour but de supprimer des emplois mais de les **transformer** pour tirer profit de celle-ci. En effet, des gains économiques et de temps vont être perceptibles à tous les niveaux de l'organisation. Ceci sera par ailleurs marqué dans les chapitres suivants. L'entreprise est en pleine expansion et le besoin de main-d'œuvre va s'accentuer dans le futur, avec le souhait que les ingénieurs d'I-care puissent effectuer des projets 4.0 chez les clients.

4.5 LE PROJET I-MINING : L'IA EN SUPPORT

Lorsqu'on évoque l'intelligence artificielle, on pense à tort (ou à raison) à des solutions avec des algorithmes compliqués pour pouvoir prédire des comportements futurs. Toute entreprise souhaite introduire l'intelligence artificielle dans ses activités mais la maintenance prédictive implique aussi des rapports. Ces rapports présentent l'état d'une machine après une analyse. Dès lors, pour toute personne devant analyser les rapports, par exemple une nouvelle recrue, c'est une activité consommatrice de temps juste pour pouvoir répondre aux questions : « quel est l'état de la machine ? Quels sont ces problèmes ? ». Ainsi, nous avons une activité sans valeur ajoutée qui implique un coût interne important : la ressource ne produit rien, néanmoins c'est une étape nécessaire de compréhension des machines.

Le projet a été baptisé ainsi car nous « minons » l'information. Le projet utilise le domaine du *natural language processing (NLP)*, qui se réfère à la compréhension naturelle d'un texte (sémantique, sens, grammaire, etc.). Derrière ce domaine, nous retrouvons des méthodes statistiques pour regrouper les données sur la base de leurs ressemblances. Pour la première version du projet, l'IA est intégrée comme un support dans une tâche sans valeur ajoutée.

4.5.1 CONTEXTE

Après cette courte introduction, quel est le contexte du projet ? L'implication de l'intelligence artificielle prend place dans le « *analyse & visualize* » de la *roadmap* d'I-care. Aujourd'hui, de nombreux services de maintenance des usines de production ont une très longue expérience avec les données issues des GMAO⁷⁶. Selon la théorie, les données issues des interventions de maintenance sur les machines doivent suivre une politique de données structurées. C'est-à-dire que les rapports doivent limiter au maximum le texte libre (comme par exemple un champ commentaire). De cette manière, les données sont structurées et la lecture de ces dernières en est facilitée. Cependant, dans la pratique, nous constatons que les applications de GMAO favorisent **le texte non structuré**.

Cela s'explique par la volonté d'éviter de limiter un utilisateur face à un cas d'application non prévu dans le développement, toutefois cet aspect indique aussi une mauvaise conception du logiciel. Comme expliqué précédemment, les données deviennent rapidement illisibles et l'informatique n'étant pas le point fort d'I-care, les ingénieurs se retrouvent à utiliser des tableurs pour leur travail quotidien. Ce manque de maturité dans le processus de travail est donc problématique à cause de la mauvaise gestion de données qu'il implique et le coût interne associé qu'il engendre. L'objectif d'*I-mining* est de pallier cet écueil afin de fournir aux ingénieurs l'application nécessaire pour réduire cette tâche. I-care pourra alors se concentrer sur l'amélioration des équipements avec une analyse des données faites par un algorithme et non plus par un individu.

⁷⁶ Gestion de maintenance assistée par ordinateur : une application pour la fonction de maintenance dans l'industrie.

4.5.2 BESOIN

Après avoir contextualisé le projet, une explicitation des besoins a été réalisée grâce à la méthode des *user stories*⁷⁷(voir annexe I : User story) afin d'obtenir la liste des fonctionnalités nécessaires et pouvoir prioriser ces dernières. Le besoin exprimé par le client interne consiste en les points suivants :

- la visualisation d'Hans Rosling⁷⁸ qui consiste à voir l'évolution d'un équipement année après année (et voir si son état empire ou non) ;
- un diagramme de Pareto⁷⁹ synthétisant les problèmes d'un équipement en mots-clés afin de connaître quels sont les problèmes principaux. C'est ici que le NLP est utilisé ;
- un nuage de mots décrivant un problème issu du Pareto en extrayant les mots-clés issus de la description des problèmes.

L'image ci-dessous représente le schéma de fonctionnement de la solution(source interne).

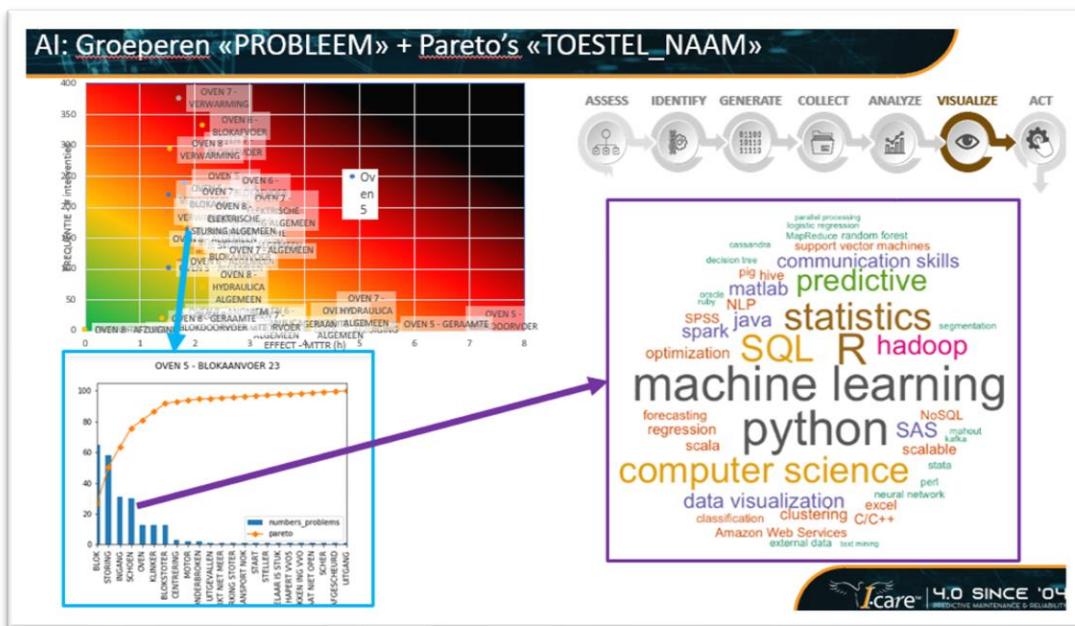


Figure 14 Objectifs du projet I-mining

Dans le cadre de ce projet, il y avait trois obstacles.

- La langue : je ne maîtrise pas la langue, ce qui complique la vérification des résultats (les traducteurs automatiques ne sont pas assez corrects sur le vocabulaire technique).

⁷⁷ La méthode des *user stories* consiste en la rédaction d'une phrase courte pour décrire une fonctionnalité : « en tant que... », « je veux... », « afin de ... ».

⁷⁸ Elle consiste à visualiser sur une période l'évolution d'une entité.

⁷⁹ Un diagramme de Pareto permet de constater les phénomènes empiriques sur les données.

- La méthodologie : la première phase du projet manquait de communication sur les objectifs nécessaires à cause d'une communication indirecte et d'agendas chargés. Le confinement a facilité la mise en communication par la suite.
- Les données : les données brutes sont illisibles. Les données sont contenues dans un fichier Excel. Le fichier du premier client contenait 50 000 lignes et 24 colonnes. Même si nous ne nous intéressons qu'à une seule machine en particulier, la démarche n'est pas du tout efficiente.

4.5.3 MÉTHODOLOGIE

Une première distinction par rapport aux autres projets est l'application d'une méthodologie de développement itérative. Durant le confinement, le service R&D a connu un afflux de ressources pour travailler sur les projets en cours. Ainsi, ce projet a obtenu deux ressources supplémentaires ; deux ingénieurs-fiabilité ; l'un néerlandophone se concentrant sur les résultats de l'algorithme, l'autre francophone occupant le rôle de développeur principal. Ceci a permis d'accélérer le développement du projet, affinant les résultats du *clustering* (regroupement des données). Ainsi, la création du *MVP*⁸⁰ s'est articulée autour des points suivants.

- Une présentation du projet vendu au client ainsi que les fonctionnalités attendues.
- Développement et confirmation du *clustering*.
- Un plan de développement (voir Annexe D : Liste des fonctionnalités).
- Des réunions quotidiennes sur les avancées et les prochaines tâches (méthodologie Agile).

4.5.4 RÉSULTATS & IMPACTS

Le résultat final de l'application peut être visualisé dans les annexes (voir annexe E : I-mining). Grâce à ce projet, I-care a maintenant une solution professionnelle qui lui permet, sur la base des rapports, d'obtenir rapidement l'évolution d'une machine à travers le temps, mais aussi de savoir, grâce à l'intelligence artificielle, quels sont les problèmes rencontrés sur la machine ainsi que la description de ceux-ci.

Cela permet donc un gain de temps pour I-care, lorsqu'il faut évaluer la dégradation ou non d'une machine à travers le temps et les causes de ce changement d'état. Un point d'attention concerne les étapes du *clustering*. Ci-dessous, les étapes de ce dernier sont schématisées à l'aide du logiciel Orange⁸¹ (voir annexe H : Orange). Par la suite, les différents paramètres utilisés ont été extraits pour être incorporés dans l'application.

⁸⁰ *Minimal viable product* : solution avec les fonctionnalités minimales pour pouvoir être commercialisé.

⁸¹ Le logiciel Orange permet d'effectuer des tâches liées à l'intelligence artificielle sans devoir programmer.

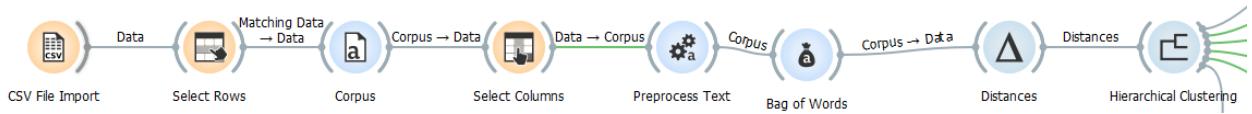


Figure 15 Flux d'actions dans Orange

Le premier impact de l'IA est présent ici : le développement et l'intégration rapide de l'intelligence artificielle dans l'industrie a entraîné le besoin d'adopter les méthodologies de projets. Ainsi, l'approche Agile a permis d'obtenir une solution rapidement mais aussi d'appliquer une méthodologie de projet plus cohérente avec les contraintes du projet (confinement, priorisation des fonctionnalités, etc.).

L'utilisateur possède une application qui intègre l'ensemble des configurations possibles et dont le résultat peut être réglable pour laisser l'utilisateur adapter l'application à ses besoins. Ceci respecte les points abordés dans l'état de l'art : la transparence et le contrôle sur l'IA.

Actuellement, après avoir validé l'application, elle est en cours d'utilisation par d'autres ingénieurs qui effectuent la même tâche, mais chez un autre client. À la suite de la rencontre avec le chef du département de fiabilité, l'application va être promue en interne car son potentiel permet un gain de temps pour l'ensemble du département fiabilité, et surtout de renouer avec le département R&D pour la demande de logiciel de gestion. **En effet, à cause du sous-effectif et de la priorité des projets, les besoins des ingénieurs-fiabilité n'étaient pas pris en compte d'une manière générale.**

L'application a récemment obtenu une mise à jour mineure qui consiste à prendre en compte le problème de lisibilité des couleurs pour une personne daltonienne mais aussi à adapter l'application si un fichier utilise plusieurs langues. Dans cette optique, l'ensemble des paramètres liés aux fonctionnalités de l'application sont tous réglables par les utilisateurs.

Un aspect intéressant de ce projet est le fait que l'IA combinée aux statistiques permet un gain significatif avec la réduction des coûts pour un faible coût de développement. Ce projet qui touche une activité sans grande valeur ajoutée a permis de rétablir une notion de communication entre le département R&D et le département fiabilité dans le développement de solutions en un cours laps de temps, mais aussi de montrer par un cas concret que l'intelligence artificielle peut apporter un réel support sans menacer l'emploi et permettre aux personnes d'utiliser le temps économisé pour des tâches plus importantes.

Enfin, si nous reprenons le tableau que nous avons créé dans le chapitre *Concevoir une interface graphique intégrant l'intelligence artificielle*, nous obtenons une large majorité de points respectés. Cette grille a été réalisée au cours du mémoire après le développement de l'application et permet de connaître les points d'attention, il ne s'agit donc pas de valider de manière subjective.

D'une part, car nous souhaitions donner le maximum de contrôle à l'utilisateur et d'autre part car nous ne pouvions pas restreindre les fonctionnalités pour optimiser les résultats, ces contraintes ont

forcé la transparence et le contrôle par l'utilisateur. Les champs qui ne sont pas applicables(N/A) seront intégrés dans les versions futures de l'application.

Tableau 13 Tableau d'I-mining : critère éthique de l'IA

Étape	Tâche	Intégré ?
Définir les besoins utilisateurs	Les limites de l'outil sont spécifiées aux utilisateurs	Oui
	Les utilisateurs ont accès à la réponse de l'IA en un minimum d'efforts	Oui
	Informier les utilisateurs sur les erreurs de l'IA	Oui
Rendre l'IA accessible	Possibilité de renforcer le modèle afin de corriger des erreurs	N/A
	Utilisation de l'IA sans internet	Oui
Transparence	Mentionner les données utilisées	Oui
	Permettre l'amélioration de l'IA	N/A
	Ajuster l'apprentissage	N/A
Vie privée, sécurité et contrôle	Intégrer des protections pour sécuriser les données	N/A
	Permettre de changer la configuration	Oui
	L'IA ne s'exécute qu'à la demande de l'utilisateur	Oui

Le dernier point à aborder dans ces résultats est l'impact de l'IA d'après les parties prenantes. Pour rappel, cette grille concerne une application dans laquelle l'IA est un support pour une tâche sans valeur ajoutée. Le tableau suivant schématisé l'observation.

Tableau 14 Tableau de l'impact de l'IA sur le court terme

Rôle	Influence	Pouvoir	Gain	Comportement
Ingénieur fiabilité	Faible	Faible	Gain de temps	Comportement général enthousiaste.
Data scientist	Forte	Faible	Expérience accrue dans l'IA	Aucun blocage rencontré, le changement est vu comme un réel gain.
Développeur	Faible	Fort	Formation pratique 4.0	
Responsable projet	Forte	Fort	Gain de temps Vente projet 4.0	

Chef département	Forte	Fort	Gain de temps	Intérêt pour le projet pour une utilisation interne
------------------	-------	------	---------------	---

4.6 LE PROJET I-EXTRACT : L'IA DANS LE CORE BUSINESS

4.6.1 CONTEXTE ET STRATÉGIE

Depuis 2004, I-care pratique officiellement l'analyse vibratoire. L'analyse vibratoire est effectuée grâce à des instruments de mesure provenant principalement de l'entreprise Emerson pour des clients avec une maturité de niveau 2. Emerson enregistre ces informations dans une base de données propriétaire accessible à travers de son logiciel (voir annexe F : interface de MHM). En sus, Emerson fournit un outil pour extraire les données de son application.

En 2013, I-care a commencé le développement de ses propres capteurs sans fil (Wi-care) dans le cadre de la collecte automatique de données ainsi que le développement de sa plateforme cloud, I-See.

I-care s'est naturellement penchée sur le logiciel MHM d'Emerson mais ce système propriétaire n'a pas facilité les choses. En effet, il a fallu accéder et comprendre le principe de sauvegarde et de stockage interne. De plus, le logiciel au cours de ses évolutions a subi de nombreuses modifications. Les logiques de programmation et les nomenclatures diffèrent à l'intérieur même du programme.

Avec l'introduction de sa *roadmap* 4.0, ce projet intègre les volets « *Collect, Analyze et Visualize* ». L'objectif du projet est de migrer les bases de données clientes du logiciel MHM dans la plateforme cloud d'I-care. Comme nous l'avons vu, les analyses sont généralement suivies d'un rapport et nous disposons donc une banque de données de quinze années qui peut servir d'entraînement pour mettre au point une intelligence artificielle capable de détecter les défauts présents sur une machine.

En effet, traiter davantage de données signifie un apprentissage de meilleure qualité mais il faut bien entendu que ces données soient correctes et qu'elles puissent être comparables. Ce projet confirme que les données ont une importance dans la création de l'IA. La migration des données combine trois approches de la stratégie d'I-care :

1. Extraction des données et fusion des données sur des bases existantes dans la plateforme cloud (pour un même client) ;
2. Création d'outils d'analyse intelligents avec une plus grande base de données (certains clients n'ont pas accès à la plateforme cloud d'I-care) ;
3. Mise en place d'un *framework* industriel pour la surveillance continue des machines.

L'intelligence artificielle est un outil qui permettra à nos ingénieurs de se consacrer uniquement à l'analyse des mesures à forte valeur ajoutée et aux expertises sur les équipements avec un problème.

Cela permettra un gain de temps significatif dans l'analyse des mesures et allégera les journées de travail des personnes, en améliorant le processus d'I-care et en réduisant les coûts internes, il ne sera plus nécessaire de passer autant de temps sur l'analyse des mesures.

Dans ce cas-ci, nous n'avons aucune donnée centralisée mais une multitude de bases de données dispersées, à l'inverse de la plateforme cloud d'I-care. La figure ci-dessous synthétise l'écosystème des bases de données du logiciel MHM.

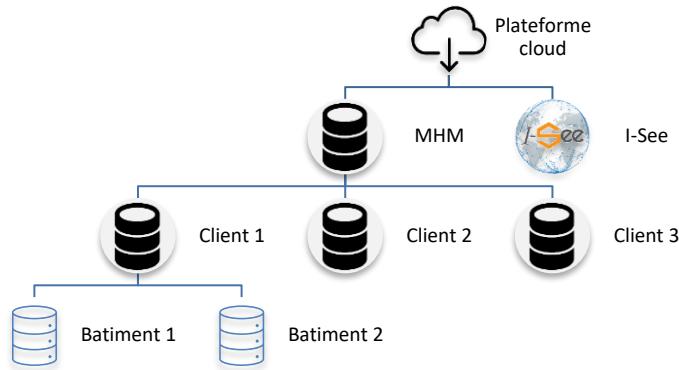


Figure 16 Contexte des bases de données MHM

Cependant, dans le chapitre *Études sur la maintenance prédictive*, (cf.infra.p.8) nous constatons que la gestion des données n'était pas assez mise en avant. Nous l'avons vu avec le projet *I-mining*, mais l'intégration de l'intelligence artificielle **nécessite** de comprendre et de savoir utiliser les données à notre disposition.

Enfin, la centralisation des données sur la plateforme I-See est un souhait de la direction afin d'ouvrir cette plateforme à l'ensemble de ses clients mais aussi promouvoir les outils qu'elle développe.

Si nous faisons le parallèle avec la maturité, la stratégie d'I-care consiste à augmenter indirectement le niveau de maturité de ses clients et par là-même, comme nous avons pu le voir dans l'analyse stratégique, de réduire sa dépendance vis-à-vis d'Emerson. Une centralisation et une extraction de ces données sont nécessaires pour permettre le partage des données historiques et assurer la compatibilité avec de nouvelles technologies.

4.6.2 BESOIN

L'extraction des données et la fusion des bases de données ont pour but le développement d'un logiciel capable d'importer les données des bases de données MHM dans le cloud de l'entreprise et de fournir aux clients d'I-care l'historique de leurs données dans la plateforme cloud d'I-care.

Cependant, étant donné le nombre très important de bases de données, environ 600, il convient de « laisser la main » aux ingénieurs pour leur permettre de mettre à jour par eux-mêmes la base de données MHM sur I-See. C'est une tâche consommatrice de temps qui ne doit pas être répétée

continuellement par le département R&D. La seule exception sera la première importation d'une base de données, dont la durée peut aller jusqu'à 20h (en comptant 5000 records par heure).

Avec l'utilisation des données de ce logiciel, I-care possède une incroyable base de connaissances qui peut être utilisées pour faire du *machine learning*. Cependant, le second point problématique est la clarté de l'information. Ainsi, l'application I-extract accomplira les rôles suivants :

- permettre l'exportation des données ;
- afficher les résultats de l'intelligence pour savoir quels équipements les analystes doivent analyser.

Comme nous le voyons ci-dessous, nous avons déployé une application bureau permettant de prédire si un équipement présente un défaut et doit être étudié par un analyste ou si la machine est saine et ne nécessite donc pas d'intervention.

EquipmentID	Date/Time	RPM	Prediction	Fault
43BC023	28/02/19	3000.0	0.13056603	Fault no present
43BC049	04/07/19	3000.0	0.17095702	Fault no present
43BC049	20/08/19	3000.0	0.12050622	Fault no present
43BC049	22/10/19	3000.0	0.42064096	Fault present
43BC049	25/04/19	3000.0	0.15042595	Fault no present
43BC049	26/02/19	1487.0	0.23110532	Fault present
43VT012	20/08/19	2944.0	0.63	Fault present
43VT012	25/04/19	2294.0	0.49	Fault present
43VT012	25/04/19	2946.0	0.38	Fault present
43VT012	26/02/19	2945.0	0.69	Fault present
43VT012	30/01/19	2946.0	0.65	Fault present

Figure 17 Interface I-Extract

4.6.3 MÉTHODOLOGIE

Le projet est entré dans différentes phases.

- Un *POC* sur l’exportation des données.
- Un renforcement du *reverse engineering*.
- Une phase d’expérimentation du *machine learning*.
- Une phase de consolidation du *machine learning*.

Le *reverse engineering* implique une phase d’exploration et de compréhension du logiciel qui s’est avérée très longue mais grâce à laquelle le perfectionnement du processus d’extraction a pu être atteint. Pour rappel, cela s’explique par le fait que le logiciel MHM au fil des années s’est doté de nouvelles fonctionnalités mais nous constatons diverses nomenclatures dans les schémas des bases de données. Ceci pourrait être plus un moyen de sécurité mis en place par Emerson afin d’éviter que le logiciel soit copié trop facilement (ce qui a été en partie réalisé, ce dernier étant vaste) qu’un manque de rigueur dans la création des bases de données.

Un schéma des données a pu être réalisé pour les données vibratoires (voir l’annexe G : Schémas entité-relation du logiciel MHM). Cependant, ce schéma n’est valable que pour un certain type de données. Avec une autre technologie le schéma changera mais la logique devrait être similaire.

Cette phase de recherche comprenait aussi la reconstitution des données vibratoires du logiciel qui sont la source de données pour le *machine learning*. Ainsi, si nous regardons le processus ci-dessous, ce dernier reflète le processus d’extraction des données mais aussi celui pour l’acquisition des données nécessaires au *machine learning*.

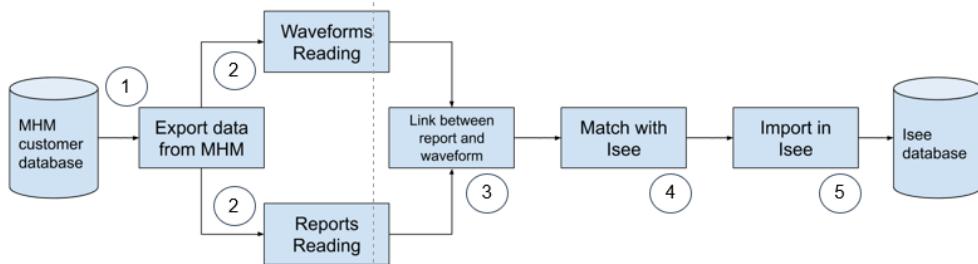


Figure 18 Processus d’obtention des données MHM

Durant la première étape, nous récupérons les éléments nous permettant de lire la base de données du client, notamment la structure de la base de données MHM dans la plateforme cloud. En somme, nous copions les données.

Durant les seconde et troisième étapes, nous récupérons l’information nécessaire et lions toutes les tables des bases de données pertinentes qui doivent être extraites et recalculées, notamment les données vibratoires. C’est au cours de ces étapes que nous récupérons les données pour le *machine learning*. Le quatrième et la cinquième étapes visent à tirer profit de la structure reconstruite sur la

plateforme I-See afin de pouvoir réassigner les mesures aux équipements sur la nouvelle plateforme (et donc avec de nouveaux identifiants).

L'exportation des données a été rendue possible grâce à un connecteur⁸² entre le logiciel MHM et une interface générique (Excel, Access, langage de programmation etc.) Son fonctionnement est plutôt simple mais se révèle fastidieux lorsque plusieurs bases de données doivent être exportées (lourdeur de l'application).

4.6.4 MACHINE LEARNING

La seconde partie de la méthodologie se concentre sur le *machine learning*. Pour pouvoir prédire si un équipement présente un défaut, le modèle doit avoir déjà vu l'équipement en question à la fois sans et avec un défaut pour pouvoir faire la distinction entre les niveaux de valeurs⁸³. Dans cette optique, nous avons créé un modèle par type d'équipement (pompe, ventilateur, etc.). Le processus initial a intégré cette nouvelle composante comme montré par l'image ci-dessous. Il faut noter que le renforcement du modèle consiste à retransformer ou corriger les données.

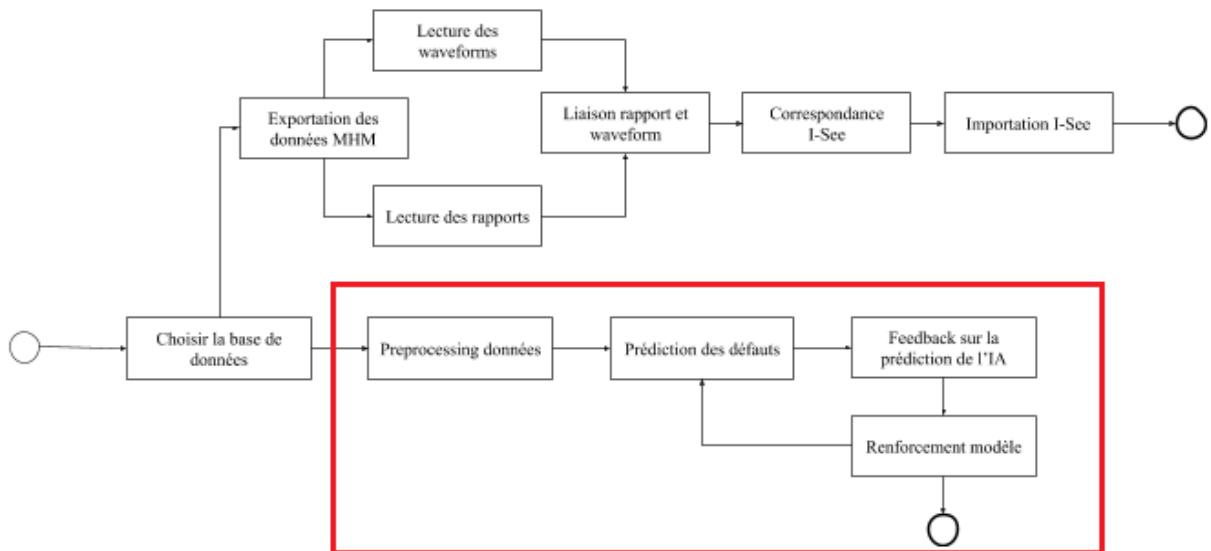


Figure 19 Processus du *machine learning*

Après un long travail de recherche, la logique et le fonctionnement du logiciel ont pu être répliqués pour obtenir l'ensemble des informations nécessaires directement. Ce travail nous a permis ainsi d'avoir accès à toutes les informations que les analystes avaient encodées lors de leurs analyses.

- Le type de défaut enregistré : c'est une plus-value à la première stratégie car c'est une information complémentaire qui pourra être utilisée à l'avenir avec le *machine learning*.

⁸² Le connecteur est limité à une architecture 32 bits, limitant ainsi à 4 Go la mémoire ram utilisable par le script qui utilise le connecteur. Des optimisations dans le développement ont dû être réalisées pour minimiser la gestion des ressources.

⁸³ Ne pas faire cette distinction rendra le modèle discriminatoire à cause des données.

- La sévérité du défaut. Cela permet de quantifier le défaut, l'avantage d'obtenir cette information étant de pouvoir filtrer les rapports sur la sévérité qui nous intéresse.

En effet, si nous considérons le flux suivant : « *Model Testing* → *Data Transformation* », nous avons rencontré de nombreux aller-retour constant dans le cycle dû à plusieurs éléments.

- La mauvaise qualité des données : le processus repose sur le fait que chaque défaut d'une mesure a bel et bien un rapport, mais aussi que les autres mesures sont bel et bien sans problème.
- Les unités de conversions : le mécanisme de conversion a dû être testé sur des bases de données différentes avec des configurations différentes. Il fallait donc que les données soient converties correctement à chaque fois.
- Multiplicité des mesures : en principe il n'y a qu'une mesure par date (sur un point de mesure d'un équipement) mais rarement il peut y en avoir plusieurs. Cela n'a rien d'anormal : l'analyste a refait une mesure avec une autre configuration. Il a fallu prendre cette information en compte pour nettoyer les données et agréer ces mesures sur le même jour.
- Données incohérentes : des mesures étaient manquantes sur des bases de données historiques. Sans raison apparente cela peut être dû à un bug quelconque : manque d'espace disponible, mise à jour de versions, les mesures ne peuvent être supprimées dans le logiciel.
- La création d'un modèle : pour pouvoir reconstituer le travail de l'analyse, il a fallu créer notre propre modèle disposant de 293 *features* (voir annexe V).

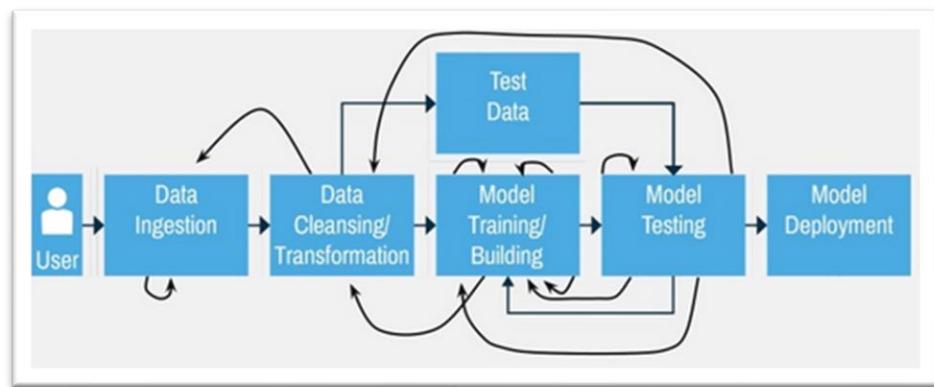


Figure 20 Schéma de fonctionnement du ML

Source: Jeannot A.(2017). *Machine learning for Humans*. Récupéré sur SlideShare: <https://fr.slideshare.net/AntoineJeannot/machine-learning-for-humans-77832505>

Nous avons dû regarder plusieurs bases de données pour déceler celles qui étaient susceptibles d'être utilisées pour le *machine learning*. Une fois les bases de données trouvées, le reste du processus s'est révélé plus aisés. Ainsi, la transformation des données étant l'étape la plus consommatrice de temps, de nombreuses manipulations ont été faites pour diminuer le temps nécessaire. À ce titre, j'ai développé un script qui lie la base de données des mesures avec la base de données des rapports et permettant :

- la récupération de l'ensemble des données dès le début du programme (gain de performance) ;
- la transformation optimisée des valeurs vibratoires ;
- l'attribution de la *class* avec ou sans défaut fondé sur la présence d'un rapport.

Ainsi, si un rapport pour un équipement existe à une date précise, la mesure de cet équipement à cette même date sera considérée comme ayant un défaut. Le but de ce script est d'industrialiser le processus afin que la collecte des données et leur transformation soient automatisées et que le temps consommé soit le moindre possible. Cela a permis de supprimer de nombreuses étapes intermédiaires. Pour rappel, nos essais se sont portés sur deux catégories distinctes d'équipements afin de comparer ce qui est comparable, à savoir les pompes et les ventilateurs. Les données utilisées ne sont pas les spectres et les formes d'ondes qui sont bien trop grandes, mais les bandes de fréquences (des valeurs statistiques) qui décomposent les informations du spectre et de la forme d'onde en de plus petites quantités de données plus facilement comparables.

Dans ce projet, la plus-value de l'intelligence artificielle est surtout la réduction du temps d'analyse des équipements et la perspective d'automatiser réellement le processus. Cette étape est, bien entendu, celle qui requiert le plus de temps pour l'analyste. Le gain actuel du *machine learning* par rapport aux équipements testés oscille entre 40 % et 60 %. Ainsi, si auparavant l'analyste devait consacrer deux journées à explorer les données, soit 16 heures, il ne devrait plus le faire que durant 6 à 9 heures dorénavant.

Cela représente une réduction de coût significative pour l'entreprise mais aussi pour l'employé. Dans le futur, le gain ira de manière croissante, permettant ainsi à I-care de capitaliser sur l'intelligence artificielle. L'intégration du produit dans la stratégie d'I-care confirme une étude précédente.

4.6.5 L'IMPACT DE L'IA SUR LES BASES DE DONNÉES

Les impacts sur I-care de l'IA et du projet sont colossaux. Cependant, si nous entendons parler de plus en plus de migration de vieux systèmes vers des systèmes standards, il ne faut pas négliger l'espace de stockage de données que ce genre d'opération peut représenter pour une entreprise. Dans le cas d'I-care, nous avons des données très volumineuse du fait de leur nature spécifique.

Comme l'extraction est fructueuse et que nous arrivons à reproduire les résultats de l'application, il est important de déterminer la taille occupée par l'ensemble des bases de données clients dans I-See. Ci-dessous, le résultat de l'estimation. Il faut noter que les données vibratoires représentent 90 % du volume. Le premier tableau résulte de l'analyse initiale qui ne recouvrait pas toutes les données, elle s'est déroulée l'an passé. Afin de procéder à une estimation, la première colonne du tableau sépare les bases de données clientes MHM en fonction de leurs tailles. Afin de faciliter la lecture du tableau, décrivons ses colonnes.

- La colonne **catégorie** permet de classifier les bases de données suivant leur taille. Pour les bases de données volumes, comme par exemple une base de données de 3 Go⁸⁴ elle est comptée comme trois bases de données à 1 Go, ce qui explique le nombre élevé de grande base de données.
- La colonne **quantité** représente le nombre de bases de données dans chaque catégorie ;
- La colonne **taille dans I-See (en Mo)**⁸⁵ représente la taille des données MHM dans la plateforme I-See sur base de la catégorie.
- La colonne **total (en Mo)** calcule la taille totale de chaque catégorie.
- La colonne **total (en Go)** calcule la taille totale de chaque catégorie en giga (octet).

Tableau 15 Premières estimations de la taille des bases de données MHM en format JSON

Catégorie	Quantité	Taille dans I-See (en Mo)	Total (en Mo)	Total (en Go)
Très petite (~50 Mo)	226	10	2260	2,21
Petite (~250 Mo)	101	45	4545	4,44
Moyenne (~500 Mo)	62	400	24 800	24,22
Grande (~1000 Mo)	83	740	61 420	59,98
		Total	93 025	90,84

Une nouvelle analyse a eu lieu sur le nouvel espace disque à la fin de l'écriture du mémoire, l'estimation du volume de la taille atteignait alors 500 Go (environ 400 Go dans la plateforme I-See). Cela s'explique par trois éléments :

- à l'époque, nous ne recalculions pas toutes les données du logiciel MHM ;
- les rapports n'étaient pas pris en compte (notamment les images) ;
- les bases de données n'étaient pas centralisées.

4.6.6 RÉSULTATS & IMPACTS

Ce projet toujours en cours a déjà montré que disposer d'un historique de données ne suffisait pas. En effet, ces données sont encore trop dispersées. Il a déjà permis de mettre en évidence différents problèmes dans les processus de l'organisation. Un problème important est l'inconsistance de la création des rapports. En effet, pour savoir si une mesure présente un défaut, le procédé actuel repose sur la présence d'un rapport : s'il n'y a pas de rapport, alors la mesure est jugée saine. Cependant, cette mesure de fonctionnement est variable d'un client à l'autre. Cependant, la version

⁸⁴ Go est l'abréviation de l'unité gigaoctet.

⁸⁵ Mo est l'abréviation de l'unité mégaoctet

actuelle du *machine learning* peut être qualifiée de réussite puisque nous obtenons les résultats que nous attendions.

C'est un point très important : pour pouvoir gagner du temps, les ingénieurs devront standardiser les méthodes de travail. Cela permettra d'augmenter la maturité des processus internes d'I-care. Par ailleurs l'impact va plus loin : les données de MHM sont utilisées dans de nombreux projets, dès lors la réussite de ce projet constitue une pierre angulaire pour tous les autres projets à venir. De plus, nous avons vu ici que l'implication de l'IA nécessitait une infrastructure et des processus adaptés.

Ce projet permet à I-care de s'inscrire davantage dans une démarche d'industrie 4.0 avec de nouveaux outils pour ses clients. La première partie de ce projet permet aux clients d'I-care de profiter des outils d'analyse d'I-care sur des données historiques. Des données qui par le passé semblaient inaccessibles pour nos clients deviennent aujourd'hui des outils indispensables dans la gestion de leurs équipements.

La deuxième partie du projet annonce le début d'une révolution au sein du département de maintenance prédictive chez I-care puisqu'en optimisant le temps d'analyse des machines, nos analystes disposeront de plus de temps pour accompagner les clients dans d'autres tâches comme la recherche de l'origine des dysfonctionnements.

Un autre aspect de ce projet est qu'il a permis une seconde fois à deux départements de chez I-care de se rencontrer autour d'un projet commun pour lequel les compétences des deux parties étaient nécessaires (fiabilité et R&D). Cela a été bénéfique pour l'ensemble des membres investis dans ce projet puisqu'ils ont appris de nouvelles méthodes de travail, appris à expliquer leur travail quotidien à des personnes profanes en la matière et appris à aborder des problèmes d'une autre manière. Pour ma part, ce projet a été une expérience personnelle très enrichissante puisqu'il m'a permis de développer des connaissances dans un domaine que je connaissais peu, le *machine learning* et de renforcer les contacts entre les parties prenantes.

Comme pour le premier projet, une évaluation de l'interface est nécessaire. Cependant, à l'inverse du premier projet, l'application dans son état actuel ne fait que fournir les résultats directement sans laisser un grand contrôle à l'utilisateur. L'application étant pour un usage strictement interne, elle doit permettre de comprendre que l'intégration absolue n'est pas l'objectif.

Tableau 16 Tableau d'I-extract : critère éthique de l'IA

Étape	Tâche	Intégré ?
Définir les besoins utilisateurs	Les limites de l'outil sont spécifiées aux utilisateurs	Oui
	Les utilisateurs ont accès à la réponse de l'IA en un minimum d'efforts	Oui
	Informier les utilisateurs sur les erreurs de l'IA	Non

Rendre l'IA accessible	Possibilité de renforcer le modèle afin de corriger des erreurs	Non
	Utilisation de l'IA sans internet	Oui
Transparence	Mentionner les données utilisées	Oui
	Permettre l'amélioration de l'IA	Non
	Ajuster l'apprentissage	Non
Vie privée, sécurité et contrôle	Intégrer des protections pour sécuriser les données	Non
	Permettre de changer la configuration	Non
	L'IA ne s'exécute qu'à la demande de l'utilisateur	Oui

Le tableau suivant énumère les observations rencontrées durant les deux ans du projet.

Tableau 17 Tableau de l'impact de l'IA sur le moyen terme

Rôle	Influence	Pouvoir	Comportement
Ingénieur fiabilité	Faible	Faible	Blocage indirect dès le début du projet à cause du manque de communication autour du projet. Une fois la communication mise en place, la situation a s'est améliorée.
Equipe R&D	Moyen	Moyen	Manque de communication dès le début ce qui a provoqué de la méfiance (aucune transparence). Par la suite, l'IA a été présentée avec ses défauts pour éviter toutes frustrations et mauvaise communication autour du projet, ce qui a amélioré la confiance.
Management R&D	Forte	Fort	Intérêt pour le projet pour une utilisation interne

4.7 LE PROJET SMART R4F : L'IA SUR LE LONG TERME

4.7.1 CONTEXTE ET STRATÉGIE

Jusqu'à il y a peu, le métier d'I-care était un service principalement « de terrain » : des ingénieurs collectaient sur site des données sur des équipements et rédigeaient un rapport de mesure (avec le logiciel MHM) ou travaillaient à temps plein au sein des équipes des clients pour optimiser, voire créer des plans de maintenance. Cette particularité limite la croissance de l'entreprise à l'international. C'est pour cette raison qu'I-care a mis au point le Wi-care, un dispositif sans fil autonome pour la collecte de mesures vibratoires sur les équipements industriels. Pour comprendre le contexte, nous allons dresser un rapide historique de la méthode de travail d'I-care.

Hier, les mesures étaient effectuées périodiquement sur les équipements, en fonction de leur criticité, les machines étaient contrôlées entre 3 et 12 fois par an. Les analyses étaient réalisées et un rapport envoyé au client. Le client prenait ensuite la décision d'intervenir sur son équipement.

Aujourd'hui, les mesures périodiques sont toujours effectuées sur les machines. C'est ici qu'intervient la solution d'Icare avec les mesures sans fil, le Wi-care. Cela consiste à installer sur les machines des capteurs autonomes sur les machines qui effectuent les mesures de manière automatique et les envoient sur la plateforme cloud I-See. Ceci offre l'avantage de pouvoir « *monitorer* » des équipements à distance et donner en temps réel leur état de santé sous forme de tableau de bord. Ceci s'inscrit dans le concept de l'industrie 4.0. À ce stade, l'ingénieur fiabilité doit toujours réaliser les analyses afin d'apporter un diagnostic au client.

Demain, l'intelligence artificielle et les capteurs sans fil intelligents feront rentrer la maintenance prédictive dans une nouvelle ère comme nous avons pu le voir avec le projet I-extract du précédent chapitre, mais à un niveau encore plus haut. Les analyses vibratoires jusqu'alors réalisées par l'homme seront également réalisées par une intelligence artificielle, mettant ainsi de côté les erreurs de diagnostic venant de l'individu, cela de manière automatique et continue.

Ce projet se met en œuvre sous la forme d'un projet financé par la Région wallonne : « *Smart R4F* ». Si le développement de l'intelligence artificielle est la suite du projet I-mining, l'intégration de cette dernière passe par une amélioration des outils de travail actuels. C'est un point rarement abordé. L'aspect industriel se révèle très important car le projet est séparé en plusieurs éléments :

- une tablette industrielle semblable au CSI2140 ;
- un Wi-care amélioré utilisant une batterie sans fil ;
- un collecteur de données permettant de synchroniser les points de mesure des équipements.

La tablette doit s'inspirer du collecteur d'Emerson le *CSI 2140*, qui est utilisé principalement chez I-care. La tablette issue du projet sera une version « améliorée » du collecteur d'Emerson. À ce titre, la tablette devra répondre aux caractéristiques suivantes :

- ergonomique ;
- certification ATEX ;
- qualité industrielle (robuste, étanche...) ;
- renforcée ;
- connectivités récentes (Wifi, 4G,...) ;
- utilisable avec des gants.

Ainsi, il faut une qualité industrielle, c'est-à-dire robuste et étanche. Le nouveau collecteur de données sera utilisé en milieu industriel et donc avec des gants. Ce point attire notamment l'attention : le tactile se devra d'être fonctionnel et l'écran calibré correctement, même après un usage intensif de la tablette.

Un point d'attention sera porté pour éviter que les données reçues par le wifi soient parasitées lors de la réception de la tablette. Les contraintes physiques de la tablette sont celles d'un être humain : là où un être humain peut aller, la tablette doit supporter la température et fonctionner. Cette température est habituellement comprise entre -20° et +50° Celsius. Les normes peuvent assurer à I-care et ses clients le bon fonctionnement de la tablette en conditions réelles.

Ce point permettra d'obtenir un produit qui satisfait pleinement les exigences des utilisateurs mais dont l'aspect modulaire pourra être privilégié. En effet, une volonté chez I-care est d'utiliser le plus de standards possibles pour pouvoir disposer d'appareils fonctionnant avec le plus de technologies possibles mais de garder une possibilité d'intégrer des éléments non standards pour des équipements spécifiques.

Un objectif secondaire est de se passer des outils habituels de mesure grâce à l'approche sans fil pour diminuer le temps de collecte des mesures. Avec un tel système, on pourrait par exemple en un clic mesurer toutes les machines d'une pièce, alors qu'actuellement il faut mesurer machine par machine. Ainsi, c'est **principalement** une transformation des services d'I-care dans la maintenance prédictive.

Ces nouveaux produits doivent respecter les aspects commerciaux liés aux normes pour toutes les zones où I-care est principalement présent, à savoir l'Europe, les États-Unis, l'Australie et la Corée. Durant le développement du projet, il est quasiment sûr que le travail de législation de l'Europe sur l'IA sera terminé, c'est un élément qu'il faudra prendre en considération pour ne pas retarder la commercialisation.

4.7.2 IMPACT SUR LA ROADMAP 4.0

Ce projet qui permettra à I-care de tirer profit de l'IA change radicalement la base de son travail car l'entreprise ne dépendra plus d'un fournisseur externe pour les équipements de mesure une fois le projet terminé. En effet, la *roadmap* va connaître les impacts suivants :

Tableau 18 Impact de Smart R4F sur la *roadmap*

Volet de la roadmap	Changement
<i>Identify</i>	Définition du point de mesure et des machines à diagnostiquer
<i>Generate</i>	Installation des nouveaux capteurs et récolte des données avec le capteur
<i>Collect and analyze</i>	Reconnaissance automatique des défauts sur les équipements Auto-détections des mesures non exploitables et des paramètres de mesure Reconnaissance automatique des capteurs liés aux équipements
<i>Visualize</i>	Pronostic de l'état de marche/détérioration Benchmark de fiabilité Comparatifs entre machines, modèles, usines, clients et secteurs.
<i>Act</i>	Portail Cloud / <i>Big Data</i> pour la centralisation et le partage des données nécessaires à la fiabilité. Interfaces modulaires intelligentes pour l'analyse et la mise au point de tableaux de bord. Outils d'audit et de préparation pour l'optimisation des plans de maintenance.

Les précédentes études et le contexte général sont de bons indicateurs du besoin de nouvelles offres pour le secteur. Ainsi, la création d'un écosystème industriel permettrait à I-care de renforcer sa présence à l'international.

Ce projet concrétise le scénario proposé dans le chapitre *Les scénarios 4.0 Pour I-care*(cf.infra.p.47) Pour atteindre cela, il sera nécessaire d'élargir la gamme de produits dont dispose I-care, notamment en développant de nouveaux capteurs dont le marché actuel est demandeur. Le besoin émerge des capteurs actuels, en effet ils ne sont pas assez performants pour utiliser des algorithmes de *machine learning*.

Il faut noter que la prise de mesures de manière manuelle représente un temps considérable et peut facilement représenter le tiers du processus complet de la maintenance préventive : collecter, analyser et rapporter.

4.7.3 RÉSULTAT ET IMPACT

À l'heure actuelle, l'analyse fonctionnelle du projet doit être affinée mais nous pouvons déjà entrevoir les perspectives et les implications que le projet pourrait générer pour I-care. Un point d'amélioration futur serait de revenir sur cette analyse une fois le projet terminé pour comparer le résultat avec les impacts prévus du projet. Par rapport aux autres projets, travailler sur le *hardware* plutôt que sur le *software* a été très enrichissant, notamment car cela a permis de voir une autre facette de l'impact de l'IA sur une entreprise.

4.8 LE PROJET PI-AI : L'IA COLLABORATIVE

Aujourd'hui, les entreprises sont à des niveaux de maturité différents. Que ce soit IBM avec sa solution généraliste pouvant s'adapter à des domaines variés ou I-care avec une capacité informatique moindre, mais néanmoins sa propre plateforme cloud.

Il existe une tendance à externaliser les activités qui ne sont pas principales dans une entreprise pour réduire les coûts. Cependant, hormis la relation d'interdépendance que cela peut créer, l'intelligence artificielle pousse les entreprises de taille plus modeste comme I-care à développer une plateforme de service 4.0 complète. Le projet vise à créer une plateforme industrielle où chaque entreprise membre du consortium pourrait ajouter son module et sa connaissance métier et profiter de la plateforme entièrement. L'objectif est ainsi d'avoir une synergie entre des entreprises à première vue très différentes. À titre d'exemple, l'entreprise Sagaficy spécialisée dans l'intelligence artificielle a rejoint le projet. Il ne fait aucun doute que comparée à I-care leurs connaissances métiers dans l'intelligence artificielle sont plus développées, toutefois leur capacité informatique est moindre. Au contraire, I-care possède une connaissance métier dans la maintenance prédictive qui se couple très bien avec les capacités de Sagaficy dans l'intelligence artificielle. Ainsi, plutôt que de développer individuellement une plateforme coûteuse, cette collaboration est avantageuse pour chaque membre du groupe : la répartition des développements et le développement entre les différents acteurs permettent d'obtenir une situation favorable pour tous les acteurs.

Ainsi, l'intelligence artificielle change **drastiquement** la relation des entreprises de service. Nous avons vu que la segmentation des acteurs d'un marché pouvait poser des problèmes. Ce projet est une réponse des entreprises à l'interdépendance d'entreprises comme IBM et son service. Le projet n'ayant pas encore débuté, l'impact de l'intelligence artificielle est donc présenté brièvement.

4.9 L'INGÉNIEUR FIABILITÉ DE DEMAIN : FORMATION 4.0

Nous en avons parlé succinctement, la formation sur l'intelligence artificielle ont eu lieu durant le confinement pour introduire le sujet auprès des ingénieurs fiabilité. L'objectif de la formation est donc d'inciter les analystes à se former par eux-mêmes en leur présentant des outils qui peuvent les aider dans leurs tâches et chez leurs clients.

Cette formation s'est étalée sur deux jours avec des démonstrations des projets 4.0 faites par la R&D et la manière dont nous les avons réalisés afin de donner à des personnes non formées à la programmation un fil rouge sur la manière de procéder.

À la suite de la formation, nous avons découvert le logiciel Orange qui permet, sans devoir écrire une ligne de code, d'utiliser la *data science* à l'aide d'une interface de *drag & drop*. L'outil est très facile d'utilisation et intuitif et parmi les ingénieurs l'ayant utilisé, tous se sont montrés favorables à ce logiciel et intéressés à approfondir leurs connaissances dans l'intelligence artificielle.

Il est intéressant de comparer l'intérêt marqué pour des applications 4.0 et pour une application permettant de tester divers algorithmes d'intelligence artificielle. Si dans le premier cas, l'IA remplace en grande partie l'activité par des analyses, dans le second, elle permet aux parties prenantes d'être **actifs dans la transformation de leurs métiers**. Cette différence est de mon point de vue un critère décisif afin de convaincre et de former plus facilement les ingénieurs aux compétences de demain.

5 DISCUSSION

Maintenant que nous avons découvert les impacts de l'intelligence artificielle, il est temps pour nous de dresser une liste des potentielles études qui pourraient faire suite à ce mémoire sur des domaines non traités.

Pour cela, nous allons essayer d'évaluer le plus objectivement possiblement, le degré dans lequel des études futures pourraient amener une contribution supplémentaire. Pour cela, le tableau suivant énonce des problématiques liées (in)directement aux impacts de l'intelligence artificielle.

- **Étude sur l'intelligence artificielle dans la maintenance prédictive** : dans la mise en pratique, nous nous sommes concentrés sur des valeurs spécifiques pour détecter un problème. Or, ces données proviennent de spectres et de formes d'ondes. A l'heure actuelle, les données vibratoires impliquent une large puissance de calcul. Un point d'approfondissement serait une recherche sur l'implémentation d'un modèle pour prédire si une machine a un problème, avec une optimisation des ressources.
- **Méthodologie agile** : au cours de mon expérience chez I-care, les projets 4.0 avec une méthodologie itérative ont connu un développement rapide et une meilleure gestion. Avec le bouleversement du monde du travail que l'intelligence artificielle va imposer, une méthodologie de travail basée sur la création de valeur est à mon sens un point d'approfondissement pour construire la société de demain.
- **Études de marché** : l'intelligence artificielle change les règles dans tous les domaines. Une analyse des marchés et une meilleure segmentation du marché de la maintenance prédictive permettraient d'avoir une meilleure vue d'ensemble.

6 CONCLUSION

La synthèse de l'ensemble des chapitres doit nous permettre de répondre à la question de recherche : « Comment s'intègre l'intelligence artificielle dans les entreprises ? ».

Pour rappel, les objectifs sous-jacents de la question sont mentionnés ci-dessous pour mémoire :

- Apporter une meilleure compréhension des facteurs clés⁸⁶ autour de l'intelligence artificielle.
- Observer les impacts de l'intelligence artificielle sur les industries :
 - Concernant la mise en production de nouveaux équipements intelligents ;
 - Quant au recensement des normes, réglementations et directives auxquelles les entreprises sont soumises pour commercialiser un produit et qui ont trait à l'intelligence artificielle ;
 - Au travers des métiers existants et des transformations associées ;
 - S'agissant du développement des solutions informatiques.
- Établir une analyse stratégique afin de connaître les impacts de l'intelligence artificielle sur le management.

Nous avons pu observer avec des projets de tailles différentes, que l'IA implique très souvent l'application d'une méthodologie bien précise mais surtout une refonte de la stratégie de l'entreprise. Cela permet de réduire le coût de développement et de capitaliser sur les connaissances des experts. Plus le projet revêt de l'importance, plus l'impact dans l'organisation se révèle significatif. Ainsi, nous avons pu synthétiser avec l'analyse stratégique et les différentes études les facteurs clés de succès pour une entreprise.

- Réduction de la dépendance vis-à-vis des fournisseurs (Emerson).
- Meilleure intensité concurrentielle.
- Application de la connaissance du métier avec l'IA.
- Transformation de la stratégie de l'entreprise.

Ces facteurs clés de succès sont dès lors liés à l'impact de l'IA sur les entreprises. Cela présuppose notamment la mise à jour des processus internes d'une entreprise. Nous l'avons vu avec I-care, en ce sens que l'IA va se trouver intégrée au *core business* existant, transformant entièrement certaines composantes des activités principales et auxiliaires de l'entreprise grâce à la mutation du métier d'ingénieur fiabilité au sein de la société.

Aujourd'hui, si nous pouvons commercialiser un produit ou un service avec de l'IA sans difficulté, l'Union européenne sera amenée à adopter une nouvelle législation que les États-membres n'auront d'autre choix que de l'appliquer. S'agissant des industries, il convient de s'adapter au plus vite afin de disposer d'un avantage concurrentiel. Quant à la question de la législation pour les applications informatiques dotées d'IA, elle n'a pu faire l'objet d'une réponse définitive et officielle en ce

⁸⁶ Élément essentiel à prendre en considération dans l'élaboration de la stratégie d'entreprise

qu'elle demeure en cours d'élaboration. Toutefois, des lignes directrices ont été émises dans le sens de ce qui est connu actuellement, permettant ainsi aux acteurs de préparer le terrain pour l'avenir.

La législation devrait voir le jour dans le courant du mois de juin, sauf à ce que les événements liés au COVID-19 perturbent cet agenda. Une perspective intéressante consisterait à vérifier si le plan annoncé dans le cadre du rapport « *White paper* »⁸⁷ s'est révélé pertinent au regard de la législation finale. Cette démarche permettrait non seulement de valider la méthodologie employée mais également de déterminer dans quelle mesure le papier blanc peuvent être pris en compte en amont d'un changement majeur et de ce fait améliorer l'anticipation d'un tel changement et la gestion des contraintes associées.

Concernant l'impact sur les métiers existants, nous avons pu constater que l'IA constituait une évolution majeure et ce quel que soit le secteur. Il nous appartient dès lors, plutôt que de faire face de manière passive aux transformations à venir et d'en subir les effets, de nous préparer à la mutation de l'entreprise, comme c'est le cas pour I-care. De cette manière, nous faisons de cette menace apparente pour l'emploi une opportunité. Il s'agit par là-même d'une démarche **obligatoire** qu'une entreprise doit entreprendre dès que possible, afin d'avoir la capacité de survivre dans les années à venir avec la généralisation de l'intelligence artificielle.

Il est souvent évoqué la destruction d'emplois causée par l'IA et l'avènement de nouveaux métiers qui exigeront des compétences bien supérieures. Cependant, lesdites compétences supérieures sont bien loin des modèles mathématiques complexes de *machine learning* et personne ne va réinventer la roue. Simplement, les mathématiques vont occuper une place de plus en plus visible et même prépondérante dans les métiers de demain. Dans le contexte de l'industrie, nous allons assister à court terme à une transformation du métier d'ingénieur fiabilité. Il sera capable de conduire des projets 4.0 chez des clients et ainsi de démocratiser l'IA dans l'entreprise. Cet état de fait permettra d'éviter des blocages de la part des parties prenantes lors du développement de projets 4.0. Cette évolution sera renforcée notamment par la volonté des directions de former leurs personnels aux défis de demain.

Pour conclure, nous pouvons affirmer que l'intelligence artificielle est amenée à redéfinir l'ensemble des entreprises de demain. Cependant, les entreprises qui pourront tirer leur épingle du jeu sont celles qui, comme I-care, se préparent déjà au changement. Toutes les activités sont touchées, et tout comme cela a été le cas pour la transformation digitale des entreprises, le changement de paradigme qui s'annonce sera très profond. Toutefois, la remise dans le contexte a permis, je l'espère, au lecteur inquiet de l'avenir de porter un regard critique sur les changements que l'intelligence artificielle va imposer et d'entrevoir que cette évolution est à la portée de tous.

⁸⁷ « *White Paper on Artificial Intelligence: A European approach to excellence and trust* »,

7 BIBLIOGRAPHY

- Academie2080. (2020, 04 24). *PDCA plan do check act*. Récupéré sur academie2080:
<https://academie2080.com/pdca-plan-do-check-act/>
- Alan.Porter, S. W. (2005). Advanced Analyses - Analytical Families. In Wiley-interscience, *Tech mining exploiting new technologies for competitive advantage* (pp. 177-178). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Ample. (2020, Avril 20). *Predictive Maintenance for Manufacturing Market Study Offering Deep Insight Related to Growth Trends until 2024*. Retrieved from 3news.org:
<https://3news.org/news/662195/predictive-maintenance-for-manufacturing-market-study-offering-deep-insight-related-to-growth-trends-until-2024/>
- Appian. (2018, 10). *Infographic future of work part 2*. Récupéré sur Appian:
<https://www.appian.com/wp-content/uploads/2018/10/infographic-future-of-work-part-2.pdf>
- Appian. (2020, 03 15). *The Future of Work Survey Part 2*. Récupéré sur appian.com:
<https://www.appian.com/future-of-work-part-2/>
- Bernard-Boussières, J. (2012). *Expression du besoin et cahier des charges fonctionnel : élaboration et rédaction*. Afnor.
- Blackett, C. (2016, 09 18). *Experiencing LNG Pump Vibration Time Waveform Instability or a “Ski Slope” in the Vibration Spectrum? Try This Easy Fix*. Récupéré sur nichecryo:
<https://www.nichecryo.com/news/2016/9/18/experiencing-lng-pump-vibration-time-waveform-instability-or-a-ski-slope-in-the-vibration-spectrum-try-this-easy-fix>
- Cavazza, F. (2013, 04 24). *Les objets connectés et agents intelligents amorcent la quatrième révolution industrielle*. Retrieved from <https://fredcavazza.net/>:
<https://fredcavazza.net/2013/04/24/les-objets-connectes-et-agents-intelligents-amorcent-la-quatrieme-revolution-industrielle/>
- Cigref. (2007). *Livre blanc : valorisation de l'information non-structurée*. Retrieved from cigref.fr: https://www.cigref.fr/cigref_publications/RapportsContainer/Parus2007/2007-Livre-Blanc_Apil_Aproged_Cigref.pdf
- Commission européenne. (2020, 02). *Commission white paper artificial intelligence feb2020*. Récupéré sur ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf
- Constantinidis, Y. (2016). *Cahier des charges informatiques : memento*. Eyrolles.

- Daron Acemoglu, P. R. (2018, Janvier). *Artificial Intelligence, Automation and Work*. Retrieved from nrb.org: <https://www.nber.org/papers/w24196.pdf>
- DIN/DIHK/ZDH. (2012, 05). *Petit précis de la normalisation*. Récupéré sur led-know-how.ch: https://www.led-know-how.ch/images/stories/Normen/120509_SNV_WEB_1x1_Brosch_F.pdf
- Ec.europa. (2020, 04 24). *Harmonised Standards*. Récupéré sur ec.europa: https://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards_en
- Ecoinfo. (2019, 10 01). *Impact environnement de l'IA*. Récupéré sur ecoinfo.cnrs.fr: <https://ecoinfo.cnrs.fr/2019/10/01/impact-environnemental-de-lia/>
- Eoda. (2014, 09 26). *Predictive Maintenance with R*. Récupéré sur Slideshare: https://fr.slideshare.net/eoda_Analytics/predictive-maintenance-with-r
- Erik W. Larson, C. F. (2007). *Management de projet*. Chenelière éducation.
- Erik, W., & F., G. C. (2013). Le gestionnaire de projet efficace. Dans *Management de projet* (p. 359). Montréal: Chenelière éducation.
- Esch, N. v. (2018, 06 12). *How to design for AI-enabled UI*. Récupéré sur prototyp.io: <https://blog.prototyp.io/how-to-design-for-ai-enabled-ui-77e144e99126>
- EUR-Lex. (2018, 07 11). *EUR-Lex - 114527 - EN - EUR-Lex*. Récupéré sur eur-lex.europa.eu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM:l114527>
- Ford, M. (2015). *The rise of the robots: technology and the threat of mass unemployment*. New York: Basic Books.
- Frost & Sullivan. (2011, 06 29). *Technical Insights: Assessment of Predictive Maintenance Systems - Technology Market Penetration and Road Mapping*. Récupéré sur SlideShare: <https://fr.slideshare.net/FrostandSullivan/d-technical-insights-assessment-of-predictive-maintenance-systems-technology-market-penetration-and-road-mapping>
- Google. (2020, 04 14). *Machine learning glossaire*. Récupéré sur developpers.google.com: <https://developers.google.com/machine-learning/glossary#c>
- Guilloux, M. (2018, 10 10). *Étude : 50 % des projets de développement d'applications se soldent par un échec*. Récupéré sur developpez.com: <https://www.developpez.com/actu/228268/Etude-50-pourcent-des-projets-de-developpement-d-applications-se-soldent-par-un-echec-cela-est-il-du-a-la-lenteur-des-codeurs-et-la dette-technique/>

- Guy Michaels, A. N. (2014, Mars 3). *Has ICT polarized skill demand ? Evidence from eleven countries over twenty-five years*. Récupéré sur mitpressjournals.org: https://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/REST_a_00366
- Ia school. (2020, 05 18). *Secteur et métier de l'intelligence artificielle*. Récupéré sur intelligence-artificielle-school.com: <https://www.intelligence-artificielle-school.com/secteurs-impacts/>
- I-care. (2020, 03 26). *Industry 4.0 by I-care*. Récupéré sur Intranet.
- I-care. (2020, 05 09). *La gamme de produits Wi-care™*. Récupéré sur icareweb: <https://www.icareweb.com/fr-be/outils-de-monitoring/les-produits-i-care/>
- IIBA, Internation Institut of Business Analysis. (2015). *Babok V3 : a guide to the business analysis body ff Knoweldege*. Toronto, Ontario, Canada: IIBA.
- Isabelle Fagotat, CIDJ. (2019, 03 27). *Intelligence artificielle : quel impact sur l'emploi ?* Récupéré sur cidj: <https://www.cidj.com/emploi-jobs-stages/intelligence-artificielle-quel-impact-sur-l-emploi>
- Jeannot, A. (2017, 07 13). *Machine learning for Humans*. Récupéré sur SlideShare: <https://fr.slideshare.net/AntoineJeannot/machine-learning-for-humans-77832505>
- Jihane Dinia, A. C. (2018). *La Responsabilité Sociétale De L'entreprise : les différentes approches conceptuelles*. Récupéré sur European Scientific Journal: <http://eujournal.org/index.php/esj/article/download/10741/10320>
- Lam, V. (2014, 04 16). *Emerson CSI 2140 Machinery Health Analyze*. Récupéré sur Behance: <https://www.behance.net/gallery/16153017/EMERSON-CSI-2140-MACHINERY-HEALTH-ANALYZER>
- Led-know-how.ch. (2020, 03 15). *Que sont les normes et directives*. Récupéré sur led-know-how.ch: <https://www.led-know-how.ch/fr/standards-prescriptions/normes-directives>
- McKinsey. (2017, Juin). *MGI-Artificial Intelligence Discussion Paper*. Récupéré sur <https://www.mckinsey.com>: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/how%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.ashx>
- Melanie Arntz, T. G. (2016, Mai). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. Récupéré sur researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/303311529_The_Risk_of_Automation_for_Jobs_in_OECD_Countries_A_Comparative_Analysis

- Mersino, A. (2018, 04 1). *vitalitychicago*. Récupéré sur Agile projects are more successful traditional projects: <https://vitalitychicago.com/blog/agile-projects-are-more-successful-traditional-projects/>
- PwC. (2018, 09 26). *PDM4.0 beyond the hype*. Récupéré sur pwc.be: <https://www.pwc.be/en/documents/20180926-pdm40-beyond-the-hype-report.pdf>
- PwC. (2018). *Predictive Maintenance 4.0 Beyond the hype PdM 4.0 delivers results*. Récupéré sur pwc: <https://www.pwc.be/en/news-publications/publications/2018/predictive-maintenance-4-0-beyond-the-hype.html>
- Rand Hindi, L. J. (2017, Mars). *Anticiper les impacts éconoïques et sociaux de l'intelligence artificielle*. Retrieved from strategie.gouv.fr: <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/rapport-intelligence-artificielle-ok.pdf>
- Research.aimultiple.com. (2020, Mai 18). *Ultimate Guide to Predictive Maintenance in 2020*. Récupéré sur research.aimultiple.com: <https://research.aimultiple.com/predictive-maintenance/#which-industries-can-benefit-from-it>
- Roadmap.fr. (2020, 04 25). Récupéré sur roadmap: <http://www.roadmap.fr/>
- RODRIGUEZ, J. M. (2018). L'intelligence d'une machine. Dans J. M. RODRIGUEZ, *Intelligence Artificielle et Cognitive Business*. ENI.
- Scully, P. (2017, avril 21). *New Report Indicates US\$11 Billion Predictive Maintenance Market By 2022, Driven By IoT Technology And New Services*. Récupéré sur iot-analytics: <https://iot-analytics.com/report-us11-billion-predictive-maintenance-market-by-2022/>
- Sharma, V. (2018, 10 29). *How Machine Learning Algorithms Works : An Overview*. Récupéré sur vinodsblog.com: <https://vinodsblog.com/2018/10/29/how-machine-learning-algorithms-works-an-overview/>
- Taché, P. (2014). *Conduire un projet informatique*. Eyrolles.
- Tassinari, R. (2012). *100 questions pour comprendre et agir : Analyse fonctionnelle*. Afnor.
- The Future of Life Institute (FLI). (2018). *Asilomar AI Principles*. Récupéré sur futureoflife: <https://futureoflife.org/ai-principles>
- The NRB Group. (2018, Mai). *Rapports annuels*. Retrieved from nrb.be: <https://www.nrb.be/sites/default/files/documents/20190430-ra2018-fr.pdf>

The Standish Group International, Inc. (2015). *CHAOS REPORT 2015 - Standish Group*.

Récupéré sur standishgroup.com:

https://standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf

Villani, C. (2018). *Donner un sens à l'intelligence artificielle*.

Wolf, C. (2020, 03 14). *Cours "Méthodes avancées en Image et Vidéo" Machine Learnign 1*.

Récupéré sur Liris CNRS: <https://perso.liris.cnrs.fr/christian.wolf/teaching/m2r/m2r-igi-machinelearning1.pdf>

8 GLOSSAIRE

Acronyme	Description
Agile	Méthodologie de projet itérative.
Agoria	Centre d'expertise et d'innovation pour les entreprises (en particulier l'industrie).
ATEX	Certification industrielle pour les équipements destinés à être utilisés dans les zones dangereuses
B2B	Business to business. Définis des entreprises dont les clients sont d'autres entreprises.
BMC	Le Business Model Canvas permet de représenter le business plan d'une entreprise.
Boite noire	Inverse d'une boite transparente. Dans le contexte de l'intelligence artificielle, l'effet boite noire se dit d'un algorithme dont nous ne pouvons pas savoir comment il a prédict son résultat.
Capteur de vibration	Instrument pour collecter les mesures vibratoires des équipements.
CE	Acronyme symbolique le respect du produit avec la conformité européenne.
CEN	Comité européen de normalisation
CENELEC	Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique
<i>Class</i>	Étiquette qui sera prédictée
<i>Clustering</i>	Regroupement et profilage des données.
Commission européenne	Institution européenne fixant la stratégie de l'UE, son rôle, ses priorités
Consortium	Rassemblement d'entreprises dans le cas d'un projet commun (dans le contexte des projets financés par la Région wallonne)
CSI 2140	Équipement de collecte des mesures développées par la société Emerson
Défauts	De source mécanique ; c'est un problème sur la machine qui peut être traité.

Diagramme de Pareto	Graphique mettant en évidence l'importance des causes d'une observation. Celui-ci permet ainsi d'avoir, notamment en pourcentage, l'importance de la cause.
Directives	Actes juridiques européens que les états membres doivent respecter et mettre en œuvre. Cela touche aussi les entreprises qui commercent avec l'Union européenne. Les directives ont pour but d'harmoniser le commerce dans l'Union européenne.
Emerson	Multinationale qui fournit des produits et des services d'ingénieries aux industries. Concurrent indirect d'I-care.
ETSI	l'Institut européen des normes de télécommunications
FAIR	Findable, Accessible, Interopable, Reusable; principe d'utilisation et réutilisation des données avec l'intelligence artificielle.
FCC	Certification industrielle américaine pour la commercialisation d'équipements électroniques et de télécommunications. Similaire aux normes CE.
Features	Les features sont les colonnes d'un tableau : les caractéristiques définies des entités.
FIT	Logique d'ajustement qui débute la réflexion d'un nouveau produit sur l'environnement externe d'une entreprise afin de connaître les objectifs à atteindre.
FLI	Future of Life Institute
GMAO	Gestion de Maintenance assistée par ordinateur. Le processus de gestion dans une entreprise va utiliser un logiciel, cette méthode est donc abrégée en GMAO.
Hardware	Couche matérielle d'une solution
IBM	Multinationale américaine spécialisée dans l'informatique (matériel, logiciel et service)
I-care	Industrial Consulting Automation Research Engineering, une société de maintenance préventive

IECEX	Certification mondiale de conformité des produits pour les zones à risques.
Instance	L'instance est une ligne complète, donc une entité avec toutes ses caractéristiques.
Instrument de mesure	Appareil intermédiaire entre l'acquisition des données et l'analyse, permettant de capter ces dernières.
IA	Intelligence artificielle.
KPI	Key performance indicator
<i>Machine learning</i> non supervisé	Prédiction basée sur une notion de quantité et le regroupement de données.
Maintenance prédictive	Maintenance conditionnelle basée sur l'anticipation d'un seuil représentant un problème sur une machine et ayant pour but le remplacement des pièces défectueuses.
Maturité	Définis la durabilité dans le temps des processus d'une entreprise. Plus la durabilité est élevée, plus l'entreprise utilise de bonnes pratiques.
MHM	Machinery Health manager. Application pour l'analyse des données récupérées des instruments de mesure d'Emerson, comme le CSI2140.
MVP	Minimal Viable Product : définit le produit avec les fonctionnalités de base nécessaires pour le client. Cela est principalement utilisé pour être concentré que sur ce qui a de la valeur pour le client.
Near zero downtime	Critère permettant de la minimisation du support sur des actifs industriels, par exemple : arrêt de la machine pour maintenance).
NRB	Network Research Belgium est une entreprise fournissant des solutions IT globales (data center, développement, ERP,...).
Parties prenantes	Les stakeholders sont l'ensemble des personnes qui ont une influence sur un projet.
PDCA	Plan Do Check Act. Méthodologies d'amélioration continue.
PDM	Plan de maintenance

Périmètres	Portée du projet, souvent appelé « scope » du projet.
PME	Petite et Moyenne Entreprise
POC	Proof of concept. C'est un prototype pour montrer la faisabilité d'un projet, il permet juste de statuer que le projet est possible, mais ne représente pas la solution finale.
Projet 4.0	Projet intégrant l'intelligence artificielle et le big data.
Refactoring	Processus informatique qui consiste à améliorer une solution existante.
Réseau de neurones (artificiel)	Modèle dont le fonctionnement se repose sur les neurones du cerveau. Les données en entrées sont ainsi décomposées en de multiples couches avant de fournir le résultat final. Ce procédé est celui avec lequel les résultats de l'IA sont les meilleurs, mais sont les plus difficiles à expliquer.
Return of investment (ROI)	Indicateur financier sur la rentabilité entre la somme investie et la somme récupérée.
RGPD	Règlement général sur la protection des données
Roadmap	Méthodologie de planification de tâches (feuille de routes).
Route	Représente le chemin qu'un analyste va effectuer pour récupérer l'ensemble des mesures des équipements dans une zone. Ce chemin est le plus court possible.
Sagacify	Entreprise belge spécialisée dans l'intelligence artificielle.
SC 42	Comité international responsable de la standardisation dans le domaine de l'intelligence artificielle.
Signal temporel	Représentation graphique des signaux, sous la forme d'un graphique avec deux axes : l'amplitude sur le temps.
Software	Couche logicielle d'une solution
Spectre en accélération	Représentation du signal temporel en accélération (g/s).

Spectre en vitesse	Représentation du signal temporel en vitesse (m/) s
Standard harmonisé	Un standard harmonisé est un standard européen développé par une organisation européenne des standards comme le CEN, le CENELEC et l'ETSI
Steeple	Le modèle « steeple » analyse les aspects de l'analyse : social, technologique, économique, environnement, politique et légal). Il est semblable au modèle PESTEL(Politique, Economique, Sociologique, Technologique, Environnemental et légal) mais rajoute l'éthique
STRECHT	Logique d'ajustement qui débute la réflexion d'un nouveau produit sur les compétences internes d'une entreprise afin de rendre le produit attractif pour le marché.
Wi-care	Capteurs sans fil développé par I-care.

