

# **Ecole des Hautes Etudes Commerciales d'Alger**

## **EHEC**

**Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences  
Commerciales**

**Option : Distribution et Management de la Chaîne Logistique**

**Thème**

**Essai d'implémentation IIoT-PIMS : Optimisation de la  
Supply Chain dans l'Industrie des Hydrocarbures  
Etude de cas : Raffinerie d'Alger – SONATRACH**

**Elaboré par :**

**Raounak SMARA**

**Dirigé par :**

**Pr. Farès BOUBAKOUR**

***Professeur à l'EHEC***

**11ème Promotion**

**Juin 2024**



**Ecole des Hautes Etudes Commerciales d'Alger**  
**EHEC**

**Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences  
Commerciales**

**Option : Distribution et Management de la Chaine Logistique**

**Thème**

**Essai d'implémentation IIoT-PIMS : Optimisation de la  
Supply Chain dans l'Industrie des Hydrocarbures  
Etude de cas : Raffinerie d'Alger – SONATRACH**

**Elaboré par :**

**Raounak SMARA**

**Dirigé par :**

**Mr. Farès BOUBAKOUR**

*Professeur à l'EHEC*

**11ème Promotion**

**Juin 2024**

## REMERCIEMENT

*Je tiens à exprimer ma plus profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide, leur soutien et leurs conseils tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Je remercie chaleureusement l'ensemble des professeurs de l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales (EHEC), dont les enseignants ont été indispensables à la réussite de mon parcours académique. Plus particulièrement, je souhaite adresser mes remerciements à mon encadrant, le Professeur Farès BOUBAKOUR. Il a su me guider, m'encourager et me conseiller avec bienveillance et rigueur.*

*Je souhaite également exprimer ma profonde reconnaissance à l'ensemble des employés et travailleurs de la Raffinerie d'Alger. Un merci spécial à mon encadrant de stage, Monsieur Nabil BAYOU pour son accompagnement et son aide tout au long de cette expérience.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude à Madame Amina LOUAHEM pour son soutien, son expertise et ses conseils précieux m'ont été d'une grande aide pour mener à bien ce projet. Je remercie aussi Madame Karima MADAD, Monsieur Souhil GASMI et Monsieur Nabil BOUSAYOUD pour leur disponibilité, leur bienveillance et leur précieuse assistance qui ont grandement facilité mon intégration et mon travail au sein de l'entreprise. Je n'oublie pas à remercier l'ensemble des membres de département inspection.*

*Je souhaite également adresser mes remerciements sincères aux membres de jury pour le temps consacré pour évaluer et analyser ce travail.*

*Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail. Vos encouragements et votre soutien moral et vos conseils m'ont été d'une aide précieuse. Vous avez tous joué un rôle important dans l'aboutissement de ce projet et je vous en suis profondément reconnaissante.*

## **RESUME**

Ce mémoire traite de la synergie entre l'Internet des Objets Industriels (IIoT) et le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS), explorant leur potentiel pour l'optimisation de la Supply Chain dans le secteur des hydrocarbures. L'étude examine les bases théoriques de la digitalisation de la Supply Chain, mettant en lumière les clés de transformation et son rôle stratégique. En dépit des défis en termes d'installation, de coûts et de sécurité, cette recherche propose des recommandations pour surmonter ces obstacles et contribuer à une meilleure compréhension de la digitalisation dans le domaine de l'Oil & Gas.

**Mots clés :** Internet des Objets Industriels (IIoT), le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS), Supply Chain, Digitalisation, Inspection, Maintenance.

## **ABSTRACT**

This thesis addresses the synergy between the Industrial Internet of Things (IIoT) and Pipeline Integrity Management Systems (PIMS), exploring their potential for optimizing the Supply Chain in the hydrocarbons sector. The study examines the theoretical foundations of Supply Chain digitalization, highlighting the key transformation factors and its strategic role. Despite challenges related to installation, costs, and security, this research offers recommendations to overcome these obstacles and contribute to a better understanding of digitalization in the Oil & Gas sector.

**Keywords :** Industrial Internet of Things (IIoT), Pipeline Integrity Management System (PIMS), Supply Chain, Digitalization, Hydrocarbon Industry, Inspection, Maintenance.

## LISTE DES FIGURES

<b>Numéro de Figure</b>	<b>Intitulé de la figure</b>	<b>Page de la figure</b>
Figure I.01	Processus de digitalisation de le Supply Chain	12
Figure I.02	Flux d'information de la Chaîne d'approvisionnement	16
Figure II.03	Représentation de la Supply Chain	36
Figure II.04	Les acteurs de la Supply Chain	38
Figure II.05	Schéma représentatif des flux de la chaîne logistique	39
Figure II.06	Grille de Niveau de maturité de la Supply Chain	41
Figure II.7	Processus de production de pétrole et de gaz	45
Figure II.8	Les étapes de production d'Oil & Gaz	51
Figure III.9	Une nouvelle dimension pour L'internet des Objets	60
Figure III.10	Evolution de l'Internet	61
Figure III.11	Etapes de fonctionnement de l'Internet des Objets	63
Figure III.12	Architecture de L'Internet des Objets	65
Figure III.13	Capteur sans fil	66
Figure III.14	Les systèmes RFID	66
Figure III.15	Cas d'utilisation de l'IIoT dans les Hydrocarbures	72
Figure III.16	Structure des technologies IoT dans l'industrie pétrolière et gazière	73
Figure IV.17	Les activités de SONATRACH	89
Figure IV.18	Capacité de traitement du pétrole brut et condensat des raffineries	91
Figure IV.19	La situation géographique de la raffinerie d'Alger, Sidi R'cine.	92
Figure IV.20	Capacité de production de la raffinerie d'Alger	94
Figure IV.21	Organigramme Raffinerie d'Alger	94
Figure IV.22	Organigramme du Département Inspection	97

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Numéro du tableau</b>	<b>Intitulé du tableau</b>	<b>Page du tableau</b>
Tableau IV.01	Couts et délais des soupapes de sécurité	112
Tableau IV.02	Couts et délais pour les pipelines	113

## LISTE DES ABRIVIATION

<b>Abriviation</b>	<b>Signification</b>
<b>SC</b>	Supply Chain
<b>SCM</b>	Supply Chain Management
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IIoT</b>	Industriel Internet of Things
<b>PIMS</b>	Pipeline Integrity Management System
<b>RSE</b>	Responsabilité Sociétale des Entreprises
<b>ROI</b>	Return On Investment
<b>IP</b>	Integrity des Pipelines
<b>GPL</b>	Gaz de Pétrole Liquéfié
<b>GNL</b>	Gaz Naturel Liquéfié
<b>BPM</b>	Business Process Management
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator
<b>DDS Logistics</b>	Data Dynamic Systems Logistics
<b>EDI</b>	Echange des Données Informatisé
<b>ERP</b>	Entreprise Ressource Planning
<b>APS</b>	Advanced Planning and Scheduling
<b>MES</b>	Manufacturing Execution System
<b>MESA</b>	Manufacturing Execution Solution Association
<b>SRM</b>	Supplier Relationship Management
<b>WMS</b>	Warehouse Management System
<b>TMS</b>	Transportation Management System
<b>CRM</b>	Customer Relationship Management
<b>EAI</b>	Entreprise Application Integration
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>CPEC</b>	China Petroleum Engineering and Construction
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Program
<b>JORF</b>	Journal Officiel de la République Française
<b>BASF</b>	Badische Anilin-& Soda-Fabrik

<b>CoAP</b>	Constrained Application Protocol
<b>MQTT</b>	Message Queuing Telemetry Transport
<b>PM</b>	Project Management
<b>E&amp;P</b>	Exploration et Production
<b>L&amp;S</b>	Liquéfaction et Séparation
<b>TRC</b>	Transport Par Canalisation
<b>RPC</b>	Raffinage et PétroChimie
<b>TFMS</b>	Tank Farm Management System
<b>GE GTG</b>	General Electric Gaz Turbine Generator
<b>DCS</b>	Distributed Control System
<b>ESD/F&amp;G</b>	Emergency Shut Down/Fire and Gas
<b>CDO</b>	Chief Digital Officer
<b>ETP</b>	Effluent Treatment Plant
<b>BPM</b>	Business Process Management

# LE SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : LA SUPPLY CHAIN A L'ERE DU NUMERIQUE.....</b>	<b>5</b>
SECTION 01 : Digitalisation de la Supply Chain : Evolution Inévitable.....	7
SECTION 02 : Les outils pour une Supply Chain Digitalisée.....	14
SECTION 03 : Les clés de la transformation digitale de la Supply Chain.....	26
<b>CHAPITRE II : LA SUPPLY CHAIN DANS LE DOMAINE DES HYDROCARBURES.....</b>	<b>32</b>
SECTION 01 : Les concepts de base de la Supply Chain Management.....	34
SECTION 02 : Exploration du secteur pétrolier : perspectives et opportunités.....	44
SECTION 03 : Le rôle crucial de la Supply Chain dans l'industrie d'Oil & Gaz.....	48
<b>CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS).....</b>	<b>57</b>
SECTION 01 : Exploration des fondamentaux de l'Internet des Objets.....	59
SECTION 02 : l'Internet Industriel des Objets dans l'industrie pétrolière et gazière : vers une Supply Chain innovante et efficace.....	69
SECTION 03 : Le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS) : Assurer la fiabilité et la sécurité de la distribution des Hydrocarbures.....	80
<b>CHAPITRE VI : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT.....</b>	<b>87</b>
SECTION 01 : Présentation de l'entreprise.....	89
SECTION 02 : Méthodologie de Recherche et Analyse des Technologies à la Raffinerie d'Alger.....	98
SECTION 03 : Plan d'action et recommandations pour l'implémentation de l'IIoT et PIMS au sein de la Raffinerie d'Alger.....	105
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>135</b>

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Dans le contexte dynamique de l'industrie moderne des hydrocarbures, où la gestion efficace de la supply chain joue un rôle important pour la compétitivité et la durabilité des entreprises, la transformation donne les opportunités pour entrer dans l'innovation technologique notamment celle de l'Internet des Objets (IIoT) fusionner avec les équipements industriels.

Notre mémoire de fin d'études se concentre sur une exploration approfondie de l'impact de l'intégration des IIoT dans les équipements industriels au sein des usines de production d'hydrocarbures, en collaboration avec le Pipeline Integrity Management System (PIMS). Au cœur de cette transformation réside la digitalisation des opérations industrielles. Les usines, évoluent désormais vers des écosystèmes intelligents où chaque équipement, chaque machine, devient un maillon essentiel d'une chaîne de production connectée. Cette transition est considérée comme un élément majeur, offrant des opportunités pour optimiser la performance, la qualité et la flexibilité des opérations de la supply chain des hydrocarbures. Ces capteurs intelligents, les dispositifs de suivi et les systèmes de communication en temps réel créent un réseau d'interconnexion et facilitent la collecte des données sur l'état des équipements. La maintenance prédictive est de plus en plus courante, minimisant les temps d'arrêt imprévus et la planification de la production devient plus agile grâce à une compréhension en temps réel des capacités et des contraintes.

Voici la problématique qu'on va étudier pour notre thème posé : « **Comment l'intégration des technologies de l'Internet des Objets Industriels (IIoT) dans les équipements industriels et le système de gestion de l'intégrité des pipelines (PIMS) peuvent constituer des solutions proactives dans le cadre de l'optimisation de la Supply Chain ?** »

Les questions qui vont nous aider pour y arriver à des réponses sont les suivantes :

- 1- Comment les IIoT sont-elles utilisées dans les équipements industriels et quelles sont les étapes spécifiques de leur intégration dans le processus de fabrication pour améliorer la gestion de la Supply Chain ?
- 2- Quel est l'impact concret de l'intégration des IIoT dans les équipements industriels sur l'efficacité opérationnelle et la maintenance prédictive, et comment cela influe-t-il sur la performance globale de la Supply Chain ?
- 3- Comment le système de gestion de l'intégrité des pipelines (PIMS) est-il déployé pour garantir la fiabilité et la sécurité dans la distribution des hydrocarbures ? Quels

avantages offre-t-il en termes de détection précoce des anomalies et de réduction des risques opérationnels pour la Supply Chain ?

Afin de résoudre la problématique soulevée et d'atteindre les objectifs de cette étude, nous formulons trois propositions à examiner :

**Hypothèse 01 :** L'intégration des IIoT dans les équipements industriels peut permettre une surveillance en temps réel des processus de production, réduisant potentiellement les temps d'arrêt imprévus et contribuant à une gestion plus efficace de la Supply Chain.

**Hypothèse 02 :** Le déploiement du système PIMS dans la gestion des pipelines pourrait permettre une détection précoce des fuites et des défaillances, réduisant ainsi les risques opérationnels et contribuant potentiellement à une distribution plus fiable des hydrocarbures, ce qui pourrait améliorer la performance globale de la Supply Chain.

**Hypothèse 03 :** L'intégration synergique des IIoT dans les équipements industriels avec le système PIMS pourrait permettre une gestion proactive des risques, une meilleure visibilité des opérations et une réduction des temps d'arrêt, favorisant ainsi potentiellement une optimisation de la Supply Chain dans le secteur de la distribution des hydrocarbures.

Pour étudier l'impact potentiel de l'implémentation des IIoT dans l'optimisation des opérations chez Sonatrach, une méthodologie combinant des démarches descriptives et analytiques a été adoptée. Dans le cadre de la démarche analytique, une étude qualitative a été réalisée. Ce qui a consisté en une revue approfondie de la littérature spécialisée, explorant les avancées dans le domaine de la Supply Chain. Des entretiens approfondis avec les employés de l'industrie pétrolière ont été conduits pour recueillir des perspectives sur les attentes et les défis liés à l'implémentation des IIoT.

Les méthodes de recherche impliqueront l'étude de la mise en œuvre de l'internet des objets industriels et le système de gestion d'intégrité des pipelines dans une entreprise. La raffinerie de pétrole de Sonatrach, une organisation leader dans le domaine du pétrole, est choisie comme étude de cas pour évaluer son degré de transformation numérique et élaborer un plan d'action visant à intégrer les IIoT et le PIMS dans sa chaîne d'approvisionnement.

Le plan de travail pour le présent mémoire est réparti sur quatre chapitres. Le premier chapitre se concentre sur l'impact de la révolution numérique sur la supply chain, en introduisant la digitalisation de la supply chain, son importance et les avantages qui en découlent, puis nous allons entamer les outils et méthodes pour une supply chain digitalisée,

en mettant en lumière les technologies et stratégies utilisées pour optimiser les opérations. Enfin, la troisième section mettra en évidence les clés de la transformation digitale, y compris les facteurs de succès et les défis rencontrés lors de la digitalisation de la supply chain.

Le deuxième chapitre vise à fournir une explication générale de la supply chain dans le contexte des hydrocarbures. La première section sera une introduction générale à ce sujet, suivie par une exploration des étapes clés de la supply chain. Ensuite, nous aborderons le secteur des hydrocarbures et son importance économique. Enfin, nous analyserons l'optimisation de la supply chain dans ce domaine.

Dans le troisième chapitre, nous examinerons comment l'Internet Industriel des Objets (IIoT) et le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS) peuvent transformer la supply chain des hydrocarbures, et comment cette fusion peut créer une supply chain intelligente et visionnaire.

Le dernier chapitre portera sur une étude de cas spécifique : Sonatrach, en mettant l'accent sur sa Raffinerie d'Alger. Nous commencerons par présenter Sonatrach et la raffinerie d'Alger. Ensuite, nous proposerons l'intégration du PIMS et de l'IIoT. Enfin, nous formulerons un plan d'action et des recommandations pour l'implémentation de l'IIoT et du PIMS chez la raffinerie d'Alger, en identifiant les besoins, les opportunités et les étapes à suivre pour une transition réussie vers une supply chain digitalisée et optimisée.

Ainsi, notre mémoire vise à explorer comment cette transformation vers une supply chain des hydrocarbures intelligente, alimentée par les IIoT et en collaboration avec le PIMS, améliore la production industrielle. Nous examinons les avantages tangibles tels que l'efficacité opérationnelle accrue, la réduction des coûts de maintenance et la flexibilité adaptative aux demandes du marché. En plongeant dans ces dynamiques, nous cherchons à apporter une compréhension approfondie des opportunités stratégiques et des défis inhérents à cette nouvelle ère de l'industrie manufacturière des hydrocarbures.

**CHAPITRE I :**  
**LA SUPPLY CHAIN A L'ERE DU NUMERIQUE**

### INTRODUCTION

Aujourd'hui, la digitalisation a changé beaucoup de chose, et dans tous les domaines même la manière dont les produits sont réalisés, transformés et distribués, tout est devenu plus rapide et plus simple notamment dans la supply chain cela dit exploiter cette technologie pour optimiser toute la chaine.

La digitalisation de la chaine d'approvisionnement rend tout plus efficace et transparent. Les nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle (IA), l'Internet des Objet (IoT), la blockchain permettent une meilleure connectivité et une automatisation des tâches manuelles ceci offre des opportunités pour optimiser la logistique, donner une meilleure visibilité, les entreprises peuvent organiser les affaires, savoir à tout moment où se trouvent les produits, assurer la livraison rapide, deviner les besoins, éviter les erreurs et rester compétitives.

Dans ce chapitre, nous parlerons en détails sur les différents aspects de la digitalisation de la supply chain, les dernières technologies, les outils et les méthodes utilisées pour une chaine plus intelligente et les défis qu'il faut surmonter pour réussir, ce chapitre offre un résumé sur la révolution numérique et son impact significatif.

## SECTION 01 : Digitalisation de la Supply Chain : Evolution Inévitable

### 1. Introduction sur la digitalisation

Au cœur du développement technologique, la digitalisation est considérée comme un moteur de transformation et de changement qui offre de nouvelles opportunités pour les entreprises dans le monde entier pour qu'elles soient plus efficace et plus rentable, c'est tout un processus qui repose sur une approche holistique et vise l'adoption et l'intégration des outils numériques pour moderniser et optimiser toutes les activités.

Si l'on regarde avant toute chose la provenance du mot digital, cela descend de l'anglais « digit » dont la signification est « numérique » et dont le sens est « chiffre ». La numérique traite les informations. Ses outils sont principalement les Smartphones, les ordinateurs, les smart télévisions ainsi que les tablettes. L'apparition des téléphones tactiles avec les premiers iPhones a été un vrai déclencheur de la révolution numérique.<sup>1</sup>

La transformation digitale, parfois appelée transformation numérique, désigne « le processus qui consiste pour une organisation, à intégrer pleinement les technologies digitales dans l'ensemble de ses activités. La transformation digitale ou la digitalisation suppose donc le passage d'un état de relations face à face à des relations virtuelles ou plus précisément numériques. Une transition au cours de laquelle la banque fait évoluer ses processus métiers, mais également sa stratégie globale aussi bien en interne qu'en externe, son organisation, ainsi que ses produits et les interactions avec ses clients.»<sup>2</sup>

La notion de "transformation digitale" est de plus en plus répandue, souvent accompagnée de termes technologiques parfois obscurs et abstraits tels que blog, e-learning, analytics, hashtag, MOOC, Natives, Crowdfunding, Cloud, Big Data, Blockchain, Dataviz, Fintech... Cette profusion de termes, souvent empruntés à l'anglais, a parfois conduit à une certaine confusion et à une dilution du sens véritable de cette expression.<sup>3</sup>

Le digital transforme radicalement tous les secteurs d'activité à intensités et périmètres différents. Le concept de digitalisation englobe et catalyse de nombreuses notions telles que numérisation et informatisation.

---

<sup>1</sup> **Zelmat A., ZEGGANE R.**, « L'impact du digital sur les modes de management », Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2021, P 78.

<sup>2</sup> **Institut Arab des Chefs d'Entreprise**, « La Tunisie en transformation : impératif digital », 12/2016.

<sup>3</sup> **MATHINDE A.**, « Transformation digitale : de quoi parle-t-on ? ».

La digitalisation se caractérise par quatre dimensions clés :

- L'envergure (scope) des changements est sans précédent : cela signifie que toute l'entreprise est impactée même sa structure, sa culture et ses processus.
- L'échelle (scale) des transactions informationnelles avec les parties prenantes est décuplée : c'est-à-dire les échanges d'informations entre l'entreprise et les partenaires internes et externes nécessitent des infrastructures et des outils beaucoup plus développés.
- La vitesse (speed) des changements est très brutale et peut provoquer des restructurations de ressources véloces.
- Les sources (source) du changement sont multiples : la concurrence est exacerbée et polymorphe dans un environnement numérique.

La transformation digitale peut donc être définie, selon **Laurent Bour** expert en Digital, comme étant « le processus qui consiste à mettre en place un maximum de technologies digitales disponibles au sein de leurs activités, pour un meilleur business et dans une optique de pérenniser l'entreprise.»

La transformation digitale désigne « le passage d'une économie essentiellement matérielle, s'appuyant sur des points de ventes physiques (bureau, dossiers papiers, paiements en espèces, etc.) à une économie dématérialisée s'appuyant sur des échanges de données ou data (plateformes e-commerces, base de données sur serveurs, monnaies virtuelles, etc.). »<sup>4</sup>

### 2. L'importance de la digitalisation de la Supply Chain

La supply chain est la colonne vertébrale de chaque entreprise c'est pourquoi il faut commencer par la digitalisation de cet aspect, il est devenu parmi les priorités quel que soit le secteur d'activité, cela va changer la manière dont les sociétés gèrent leurs chaînes d'approvisionnement.

D'après la dernière étude co-menée par le **Council of Supply Chain Management Professionals** et **ToolsGroup**, spécialiste mondial des logiciels de planification et d'optimisation de la supply chain, 93 % des entreprises déclarent être activement engagées dans le processus de digitalisation de leur supply chain. Si la digitalisation de la supply chain

---

<sup>4</sup> **PASCAL D., JILANI D.**, « La transformation digitale : Saisir les opportunités du numérique pour l'entreprise », édition Dunod, Paris, 2015, P 115-116.

se démocratise aussi largement au sein des entreprises, c'est bien parce qu'elle offre un avantage compétitif et concurrentiel non négligeable pour leur activité.<sup>5</sup>

Les avantages de la transformation digitale peuvent se résumer en ces points :<sup>6</sup>

- **Amélioration de l'efficacité opérationnelle** : en automatisant certaines tâches, la transformation digitale peut réduire les erreurs et les retards dans les processus et ainsi améliorer l'efficacité opérationnelle, par exemple l'installation des systèmes de gestion de stock automatisée afin de minimiser les délais de traitement des commandes.
- **Meilleure visibilité sur la chaîne d'approvisionnement** : grâce à l'utilisation d'outils de suivi en temps réel, les entreprises peuvent améliorer la visibilité sur leur chaîne d'approvisionnement en suivant les activités en cours et en prenant des décisions éclairées, cela leur permet de détecter toute sorte de problème et les résoudre en bon moment.
- **Réduction des coûts** : La transformation digitale peut aider les entreprises à réduire les coûts en automatisant les tâches fastidieuses, limitant les erreurs manuelles et en améliorant la précision des données. Les logisticiens vont se décharger des tâches à faible valeur ajoutée.
- **Amélioration de la qualité** : Les technologies avancées telles que la reconnaissance optique des caractères et l'apprentissage automatique permettent aux entreprises d'améliorer la qualité de leurs produits et services, de détecter les défauts et les corriger de manière proactive.
- **Adaptabilité accrue** : L'utilisation des technologies numériques pour suivre les tendances du marché et les préférences des clients permet aux entreprises d'être plus réactives aux changements, augmentant ainsi leur agilité et améliorant la capacité à rester compétitives.
- **Collaboration en temps réel entre les parties prenantes** : Les outils de collaboration en ligne facilitent la coordination entre les différents acteurs par le

---

<sup>5</sup> « Quels sont les avantages et les enjeux de la digitalisation de la supply chain ? », publié le 17/10/2023, (consulté le 28/03/2024 à 22 :00), <https://www.manutan.com/blog/fr/digital/quels-sont-les-avantages-et-les-enjeux-de-la-digitalisation-de-la-supply-chain#:~:text=La%20digitalisation%20et%20l'automatisation,les%20co%C3%BBts%20et%20aux%20d'acquisition>.

<sup>6</sup> « Comment la transformation digitale peut améliorer l'efficacité et la précision dans les supply chain ? », publié en 2023, (consulté le 28/03/2024 à 23 :38), <https://www.eurotechconseil.com/blog/transformation-digitale-supply-chain/>

partage des informations, permettant une collaboration plus efficiente en temps réel.

- **Prise de décision plus informée :** Grâce à l'utilisation d'outils d'analyse de données pour la collecte et l'analyse en temps réel des informations, les entreprises peuvent prendre des décisions stratégiques basées sur des données concrètes.
- **Flexibilité accrue pour répondre aux besoins changeants du marché :** L'utilisation des technologies numériques pour surveiller les évolutions du marché permet aux entreprises de s'ajuster rapidement aux changements du marché, accroissant ainsi leur souplesse.
- **Amélioration de la sécurité des données :** En adoptant des solutions de sécurité numérique telles que le chiffrement, les entreprises peuvent renforcer la protection de leurs données sensibles contre les menaces.
- **Meilleure expérience client :** En collectant et en analysant les données clients, les entreprises peuvent mieux comprendre les besoins et les attentes des clients afin de les personnaliser, ce qui peut conduire à des améliorations significatives de l'expérience client.
- **Contribution à la stratégie RSE :** la digitalisation permet aux organisations de réduire leurs impacts environnementaux ceci selon JLL, leader mondial du conseil en immobilier d'entreprise qui a favorisé la minimisation des émissions de gaz à effet de serre en réduisant le nombre de camions circulant sur les routes avec une meilleure planification stratégique.

### 3. Les axes de la transformation digitale

La transformation digitale n'est pas que la numérisation de l'entreprise, elle consiste à faire évoluer totalement l'activité de l'entreprise dans un monde digital et connecté autour de trois axes fondamentaux :<sup>7</sup>

#### 3.1.Niveau interne (Repenser l'organisation)

Ce levier permet la transformation de toute la structure et les activités internes de l'organisation cela nécessite une vision globale portée par un Chief Digital Officer (CDO) chargé d'élaborer et d'installer une stratégie digitale. Les dirigeants doivent poser les

---

<sup>7</sup> VIVIER E., DUCREY V., « Le guide de la transformation digitale : La méthode en 6 chantiers pour réussir votre transformation ! », 2ème édition, édition Eyrolles, Paris, 2019, P 127-129.

questions fondamentales suivantes : ce que vend l'entreprise, comment elle vend, comment elle fabrique, a qui vend, comment elle s'organise en prenant en compte toutes les évolutions. L'objectif est de créer un environnement agile et plus réactif aux changements.

### **3.2.Niveau externe (Ajuster l'expérience client)**

L'objectif de cet axe est de créer une expérience client exceptionnelle favorisant la fidélité grâce à une meilleure compréhension de leurs besoins par l'intégration des technologies numériques et l'analyse des données en prenant en exemple la mise en place des chats bots pour mieux répondre aux clients.

### **3.3.Chaine de valeur (Revoir le Business Model)**

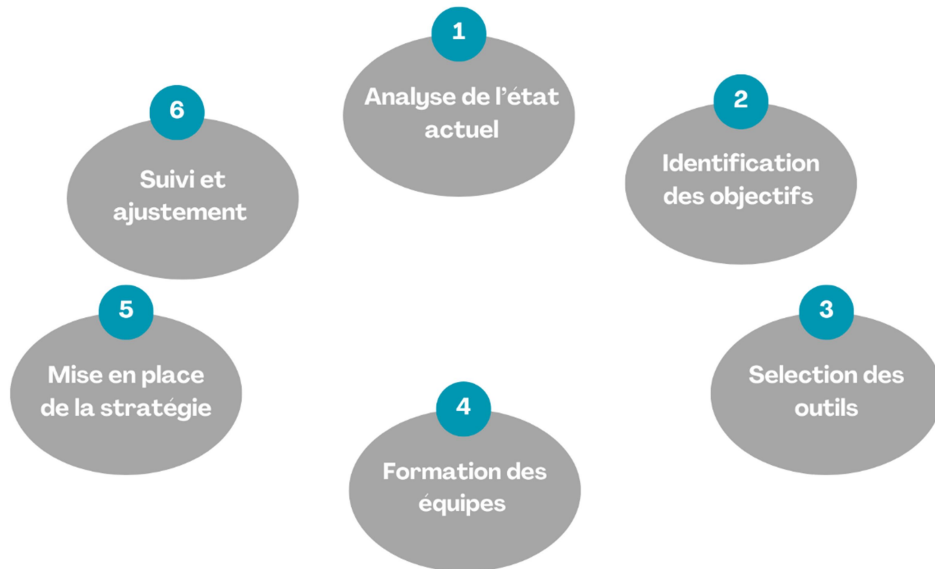
Pour l'entreprise, la transformation digitale ébranle tous les piliers sur lesquels elle repose, à commencer par le business model. La question fondamentale que pose la transformation digitale pour les entreprises « pré-numériques » c'est bien de savoir comment générer du chiffre d'affaires et de la marge, dans un monde digital. En poursuivant une activité basée sur un modèle d'affaire, une organisation et un mode de distribution datant du siècle dernier, il est peu probable que l'entreprise continue longtemps d'être rentable.

## **4. Les étapes de la transformation digitale de le Supply Chain**

La transformation digitale de la supply chain représente un changement fondamental de l'entreprise ce qui nécessite la digitalisation de toutes les activités, elle doit suivre un processus caractériser par plusieurs étapes. Ce processus se varie en fonction de plusieurs facteurs telle que la taille de l'entreprise, le secteur d'activité et l'engagement de la société envers ce développement.

Ceci explique le passage d'un modèle traditionnel vers un modèle numérique, cette transition élimine les barrières existantes entre la supply chain et le monde digital ce qui va impacter l'ensemble des parties prenantes.

*Figure I.01 : Processus de digitalisation de le Supply Chain*



**Source** : réalisé par nous en se basant sur le lien suivant <https://lemonlearning.com/fr/blog/digitalisation-des-processus-entreprise>

Les étapes de la transformation digitale de la supply chain sont : <sup>8</sup>

#### **4.1. Analyse de l'état actuel des processus**

L'analyse de l'état actuel des processus est une étape fondamentale, il est essentiel de cartographier les processus existants, cela aide à avoir une compréhension claire des opérations en cours ce qui facilite la coordination.

Pour mettre en œuvre la cartographie des processus, les entreprises peuvent recourir à plusieurs outils. Il y a par exemple les diagrammes de processus et les outils de gestion de projets qui permettent de faire une représentation visuelle des processus. Il est possible aussi d'intégrer des logiciels de BPM (Business Process Management) spécifiquement conçus pour la modélisation et la gestion des processus d'entreprise.

#### **4.2. Définition des objectifs de digitalisation**

Toute organisation qui souhaite réaliser une transformation numérique doit nécessairement définir ses objectifs de digitalisation. Pour y arriver, Il est d'abord nécessaire de comprendre

<sup>8</sup> JOSEPH L., « Les étapes clés pour réussir la digitalisation des processus d'entreprise », publié le 09/10/2023, (consulté le 29/03/2024 à 08 :13) <https://lemonlearning.com/fr/blog/digitalisation-des-processus-entreprise>

ce que l'entreprise souhaite accomplir à travers ce processus. Ces objectifs peuvent varier, de l'amélioration de la productivité à l'optimisation des ventes et de la communication interne.

Une fois que les buts sont clairement définis, l'entreprise doit dresser un état des lieux de sa situation actuelle. Cela implique d'identifier les processus existants, d'évaluer leur potentiel de digitalisation et de déterminer si cette transformation est justifiée.

### **4.3.Sélection des outils et des plateformes technologiques**

Le choix des outils et des plateformes technologiques nécessite une réflexion approfondie sur les besoins des entreprises et sur les objectifs à atteindre. Il est important de prendre aussi en compte la nature des solutions déjà en place et harmoniser-les avec les objectifs de la digitalisation. Les solutions doivent être choisies sur la base de leur capacité à favoriser une communication et une collaboration efficaces.

### **4.4.Formation et accompagnement des équipes**

Les membres des différentes équipes doivent s'adapter aux nouvelles technologies dans les processus. Cela implique l'acquisition des compétences, la formation et la conduite du changement culturel au sein de l'organisation. L'implication active des employés et des collaborateurs est alors très importante pour assurer le succès de la digitalisation des processus.

Pour réussir sur le plan de la formation et de l'accompagnement des équipes, il est essentiel de les sensibiliser et les former au potentiel et aux principaux avantages de la digitalisation. La communication régulière avec les équipes, dès la phase de collecte des besoins, est aussi un pilier du succès de la transformation digitale.

### **4.5.Mise en place et déploiement de la stratégie de digitalisation des processus**

La mise en place d'une stratégie de transformation digitale implique plusieurs étapes. Il est primordial de rassembler tous les acteurs de l'entreprise autour de la vision et obtenir l'engagement de chacun.

Ensuite, il faut développer une stratégie qui définit les priorités, les objectifs et les indicateurs de performance. Bien entendu, évaluer les besoins de financement nécessaires à la révolution numérique.

Les retours d'expérience des collaborateurs sont nécessaires pour ajuster les nouvelles technologies aux besoins de l'entreprise. Les pilotes de la transformation numérique, tels que

les « Chief Digital Officers » (directeurs de la stratégie digitale) guident la mise en œuvre des technologies en alignement avec les objectifs stratégiques. Ces retours et pilotes minimisent les risques de la digitalisation en identifiant les lacunes précocement.

### 4.6. Suivi, évaluation et amélioration continue de la transformation digitale

Le succès d'une transformation numérique se mesure avec l'utilisation des indicateurs clés de performance (KPI) pertinents comme la hausse des ventes en ligne, l'efficacité opérationnelle des processus et la satisfaction client. Elle se mesure aussi à travers les résultats financiers, la satisfaction au travail des employés, le taux d'adoption des clients, etc. Ces données quantitatives permettent au chef de projet de mesurer l'impact positif de la digitalisation sur les performances de l'entreprise.

La digitalisation des processus métiers n'est pas un projet figé, mais une amélioration continue. Donc il est impératif d'ajuster et d'évaluer constamment les processus en fonction des retours d'expérience et des indicateurs clés de performance. L'entreprise doit rester flexible et prête à apporter des améliorations pour maximiser les avantages de la digitalisation. L'accompagnement des équipes, la communication et la formation sont des éléments clés pour minimiser la résistance au changement et garantir une adoption réussie des nouveaux processus digitalisés.

## SECTION 02 : Les outils pour une Supply Chain Digitalisée

### 1. Outils technologiques de la digitalisation de la Supply Chain

Selon **Jérôme Bour** le Président Directeur Général de DDS Logistics les outils de la digitalisation sont répartis en trois niveaux : Socle d'exécution, Plateformes collaboratives et les Plateformes d'intelligence technologique.<sup>9</sup>

#### 1.1. Niveau 01 : Socle d'exécution

C'est la base de la digitalisation d'une entreprise disant l'ensemble des logiciels utilisés pour optimiser la supply chain.

Ces logiciels peuvent se résumer dans les points suivants :<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Interview avec **Jérôme Bour** le Président Directeur Général de DDS Logistics, « Comment digitaliser sa supply chain ? », publié le 16/12/2019, (consulté le 30/03/2024 à 00:13), [https://www.youtube.com/watch?v=Y9tDvZYnD\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=Y9tDvZYnD_U)

### 1.1.1. Electronic Data Interchange (EDI)

C'est l'échange des données informatisées entre deux ou plusieurs ordinateurs (postes de travail) en utilisant des réseaux privés, il remplace les outils traditionnels. L'objectif est la communication et le partage d'une façon électronique des documents et des fichiers entre les différents départements telles que le service achat, approvisionnement, transport, production, distribution, etc. Les avantages de son adoption sont multiples, un gain au niveau du coût, un transfert de l'information efficace, une quasi annulation des perturbations éventuelles (mauvais saisie, messages erronés...) et surtout une rapidité dans les délais de transmission.

### 1.1.2. I-EDI (Internet-EDI)

Repose sur le même principe du transfert électronique, c'est une évolution de l'EDI traditionnel il fonctionne par l'intégration de l'internet pour échanger les données librement entre les partenaires cela dit que les entreprises n'ont pas besoin d'investir dans des logiciels et des infrastructures, le critère le plus stratégique est le faible cout et la possibilité d'adaptation et d'évolution selon les besoins de l'entreprise.

### 1.1.3. Entreprise Ressource Planning (ERP) 1<sup>ère</sup> génération

En français appeler progiciel de gestion intégrée est un outil informatique qui permet d'automatiser et d'intégrer l'ensemble des fonctions de l'entreprise dans une solution qui prend en charge tous les processus et tous les domaines : l'achat, la comptabilité, la gestion des stocks et des commandes, la gestion des ressources humaines, la gestion des paies, etc. Ces modules généralement gèrent les grandes entreprises avec des opérations compliqués, ils peuvent les personnalisées selon le besoin.

Les ERP les plus connus sont SAP, BAAN, Oracle, People Soft utilisées dans de variété d'industries, ces systèmes accordent des options développées et une grande flexibilité, ils sont indispensables pour améliorer l'efficacité opérationnelle.

### 1.1.4. Enterprise Resource planning (ERP II) 2<sup>ème</sup> génération

Représente un upgrade de l'ERP 1.0, c'est une évolution dans la manière dont les entreprises gèrent les processus. Ce logiciel intègre les collaborateurs inter-organisationnels et donne plus de visibilité aux processus inter-organisationnels de la Supply Chain ce qui peut

---

<sup>10</sup> **DROUZI M.**, « Rôle des systèmes d'information dans la démarche supply chain management », African Scientific Journal « Volume 03, Numéro 4 », 2021, P 28-31.

conduire à réduire toutes les inefficacités, contrairement à la 1 ère génération qui focalise juste sur les opérations internes de l'entreprise.

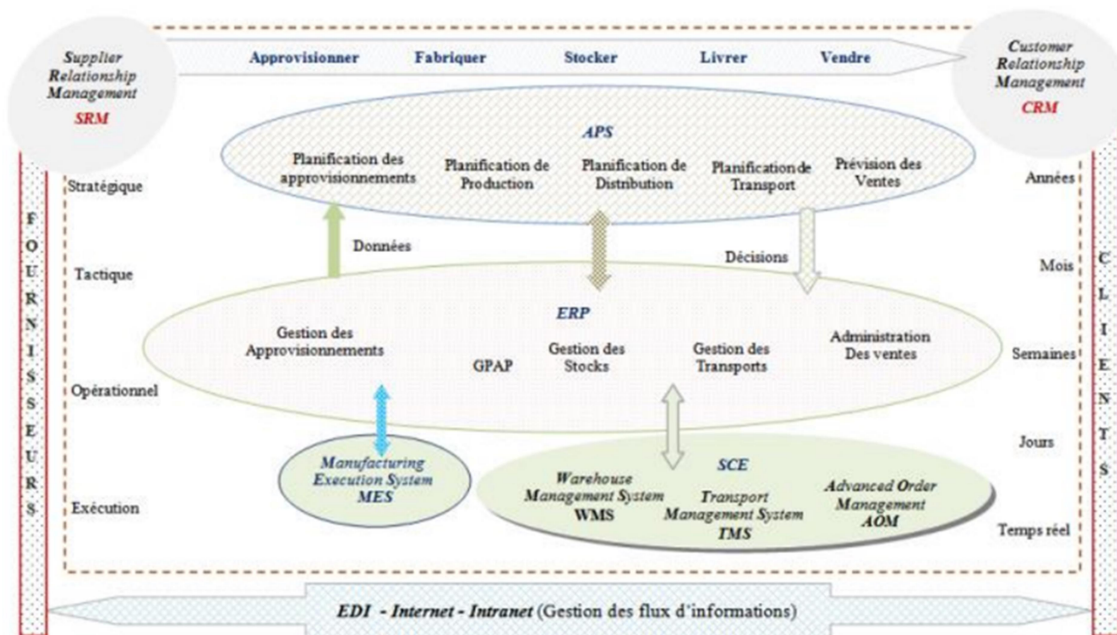
**1.1.5. Web services**

C'est un outil performant qui donne la possibilité de connecter les systèmes, les collaborateurs, et les clients internes et externes via l'exploitation des technologies, il repose sur un ensemble de protocole qui facilite la communication par exemple une plateforme qui autorise aux clients de passer une commande en ligne facilement en suivant l'état en temps réel.

**1.1.6. Technologie mobile**

Une révolution qui a connait son apogée durant cette décennie. En effet, les téléphones portables, les tablettes et autres terminaux transforment et facilitent la manière de travail, les employés peuvent faire des consultations et modifier les systèmes et ce dans n'importe quel moment et endroit, ceci va rendre le travail plus flexible en favorisant la productivité.

*Figure I.02 : Flux d'information de la Chaîne d'approvisionnement*



**Source :** DROUZI M., « Rôle des systèmes d'information dans la démarche supply chain management », African Scientific Journal, Volume 03, Numéro 4, 2021, Pages 25.

En se basant sur ce diagramme, il existe d'autres systèmes également tel que :

### 1.1.7. Advanced Planning and Scheduling (APS)

Le Système de Planification et de Programmation Avancé est un outil informatique avancé crucial pour les entreprises a pour but d'optimiser leurs opérations de planification et de la gestion de la production au sein de la chaîne d'approvisionnement, il prend en compte plusieurs contraintes telles que les capacités de production, les délais de livraison et les coûts associés. Les APS utilisent des algorithmes sophistiqués pour générer des modèles de planification précis. L'importance de ce système dans la chaîne d'approvisionnement réside dans leur capacité à optimiser les ressources, à réduire les délais de production et de livraison, à gérer efficacement les niveaux de stock et à permettre une prise de décision éclairée basée sur des données en temps réel, en favorisant la collaboration entre les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, les APS contribuent à une chaîne logistique plus efficace et réactive aux demandes du marché.<sup>11</sup>

### 1.1.8. Manufacturing Execution System (MES)

Le Manufacturing Execution System (MES) lie les systèmes de planification commerciale et de contrôle d'atelier pour fournir un plan de production réalisable et réaliste. Il assure une visibilité en temps réel sur les opérations de production, une prise de décision efficace et une meilleure productivité. Le MES complète L'ERP par l'intégration des informations des deux systèmes, il aide à créer des calendriers plus précis, ce qui se traduit par des plans de production réalistes, des temps de cycle plus courts, une réduction des travaux en cours (WIP) et une réduction des stocks, il est basé principalement sur le contrôle de qualité et la visibilité. Selon la Manufacturing Execution Solution Association (MESA) International, le système MES comprend 11 fonctionnalités principales : Gestion de l'exécution des commandes, Allocation des ressources, Répartir les unités de production, Contrôle des documents, Gestion de la qualité, Analyse et gestion des performances, Collecte et acquisition de données, Suivi et généalogie des produits, Gestion des processus, Gestion de la maintenance, Gestion des stocks et des matériaux. Dans l'ensemble, le système MES fournit aux fabricants les outils nécessaires pour optimiser les opérations de production, prendre des décisions éclairées et améliorer l'efficacité et la productivité globale.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Soares Comparotti C.E. et autres, « An overview of the Advanced Planning and Scheduling Systems », Independent Journal of Management & Production, Volume 05, Numéro 4, Brazil, publié entre 10/2014 et 12/2014, P 1032-1049.

<sup>12</sup> Freedom Technologies, « Understanding Manufacturing Execution Systems (MES) », (consulté le 31/03/2024 à 22:00), <http://www.freedomcorp.com/brochures/Understanding%20MES%20Whitepaper.pdf>

### 1.1.9. Warehouse Management System (WMS)

Un système de gestion d'entrepôt (WMS) est un progiciel complexe qui permet de gérer les stocks, les emplacements de stockage et la main-d'œuvre, afin de garantir que les commandes des clients sont préparées, emballées et expédiées rapidement. Un WMS capture des informations sur chaque article de l'entrepôt, ses dimensions physiques, la manière dont il est emballé, tous les points de stockage de l'entrepôt et leurs adresses. Grâce à ces connaissances, le WMS coordonne les flux de personnes, de machines et de produits. Il gère, contrôle et dirige toutes les opérations, y compris les processus de réception, les processus de rangement, le traitement des commandes, l'allocation des stocks, le processus de prélèvement, le processus d'emballage et enfin l'expédition ainsi que la mise à jour des stocks. Le système intelligent guide et aide les responsables des opérations à planifier et gérer simultanément toutes les opérations de différents groupes et équipes en fonction de la charge de travail et du modèle et ainsi gérer également l'allocation des ressources.<sup>13</sup>

### 1.1.10. Transportation Management System (TMS)

Le Transportation Management System est une plateforme logicielle qui permet aux expéditeurs de contrôler et gagner en visibilité sur leurs chaînes d'approvisionnement. Il propose plusieurs fonctionnalités tout au long la chaîne. La plateforme gère tous les événements logistiques du cycle de vie d'une commande, fournit des informations de meilleure qualité et plus précises pour une meilleure prise de décision, assure un contrôle stratégique et tactique sur les opérations, analyse des expéditions en se basant sur une variété de paramètres, élimine les processus manuels et évite les erreurs. Comme il contribue à créer un avantage concurrentiel en facilitant la croissance des revenus, la gestion des coûts, l'atténuation des risques et l'efficacité opérationnelle.<sup>14</sup>

## 1.2.Niveau 02 : Plateformes Collaboratives

Les plateformes collaboratives permettent de relier les différents acteurs et de créer la collaboration entre eux. Voici quelques exemples :<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup> « Warehouse Principales & Inventory Management », (consulté le 31/03/2024 à 23 :34), [https://nios.ac.in/media/documents/259\\_WPIM/Chapter-1.pdf](https://nios.ac.in/media/documents/259_WPIM/Chapter-1.pdf)

<sup>14</sup> Trinity Logistics, « Guide to : Transportation Management System », (consulté le 31/03/2024 à 21:08), <https://trinitylogistics.com/wp-content/uploads/2017/04/What-is-a-TMS-Whitepaper.pdf>

<sup>15</sup> DROUZI M, « Rôle des systèmes d'information dans la démarche supply chain management », op.cit, P 28-31.

### 1.2.1. Extranet

Extranet est un système informatique a pour but d'échanger et de communiquer des informations avec les clients, les fournisseurs et autres partenaires. Il permet aux acteurs externes de l'entreprise d'accéder au réseau interne de l'entreprise par autorisation. Généralement il est plus coûteux mais il permet d'échanger plus de données volumineuses de façon sécurisée.

### 1.2.2. Entreprise Application Intégration (EAI)

C'est un processus qui vise à connecter des applications informatiques, permet d'accéder à des applicatifs qui sont incompatible et hétérogènes, l'objectif de l'EAI est le partage des données en temps réel avec les systèmes informatiques de l'entreprise afin d'améliorer la communication et la collaboration dans l'entreprise.

L'EAI fonctionne comme un intermédiaire entre les différentes applications utilisées au sein d'une entreprise, cela signifie que les données circulent librement sans nécessité d'effort manuelles ce qui va faciliter la prise de décision et réduire les erreurs.

### 1.2.3. Supplier Relationship Management (SRM)<sup>16</sup>

Le Gestion de la Relation Fournisseur est un système qui vise à identifier, développer et maximiser la valeur des partenariats avec les fournisseurs clés d'une organisation. Le SRM est organisé autour de processus essentiels tels que la segmentation des fournisseurs, la gouvernance du SRM, la gestion de la performance des fournisseurs et leurs développement. Ce système permet de catégoriser les fournisseurs en fonction des critères spécifiques pour identifier les partenaires clés avec lesquels s'engager dans une relation et négocier des accords Win Win qui prennent en compte à la fois les actions immédiates et les engagements futurs. Le SRM facilite la création des partenariats solides, favorise la collaboration avec les fournisseurs stratégiques, assure une clarté et une compréhension des exigences, gère d'une façon efficace les relations avec les fournisseurs sur tous les niveaux, réduit la complexité et enfin augmente la transparence des deux côtés.

---

<sup>16</sup> **The Creative Studio at Deloitte**, «Supplier Relationship Management, Identifying and maximizing the value of strategic supplier partnering», London, 46159A, 2015, (consulté le 31/03/2024 à 16:44).

### 1.2.4. Customer Relationship Management (CRM)<sup>17</sup>

Gestion des Relations Clients est un système visant à améliorer la relation et l'interaction avec les clients tout au long de leur cycle de vie, il ne se limite pas à l'utilisation d'outils technologiques, mais nécessite également des réformes structurelles et culturelles au sein de l'entreprise pour être pleinement efficace. Le fonctionnement de cette solution est basé sur trois points essentiels la communication avec les clients et le partage des informations, l'analyse des données collectées et l'automatisation des processus. L'importance du CRM réside dans sa capacité à permettre aux entreprises de mieux comprendre, anticiper et répondre aux besoins de leurs clients, le système aide également à améliorer la satisfaction client, à fidéliser la clientèle existante et à attirer de nouveaux clients.

### 1.3. Plateforme d'Intelligence Technologique

#### 1.3.1. L'Intelligence Artificielle (IA)

L'intelligence artificielle (IA) est un processus d'imitation de l'intelligence humaine qui repose sur la création et l'application d'algorithmes exécutés dans un environnement informatique dynamique. Son but est de permettre à des ordinateurs de penser et d'agir comme des êtres humains. Trois composants sont nécessaires pour le bon fonctionnement : Des systèmes informatiques, des données avec des systèmes de gestion, des algorithmes d'IA avancés. L'IA peut faire plusieurs activités tel que : la reconnaissance vocale, la planification, proposition des solutions, raisonnement, manipulation des objets, etc<sup>18</sup>

La technologie de l'IA améliore les performances et la productivité de l'entreprise en automatisant des processus ou des tâches qui nécessitaient auparavant des ressources humaines. L'intelligence artificielle permet aussi d'exploiter des données à un niveau qu'aucun humain ne pourrait jamais atteindre. Cette capacité peut générer des avantages commerciaux substantiels.<sup>19</sup>

L'IA à transformer plusieurs domaines d'activité et la Supply Chain fait partie de cela, elle permet de traiter un vaste ensemble de données pour offrir une meilleure visibilité , créer une

---

<sup>17</sup> FERNANDEZ A., Extrait du livre « Le bon usage des technologies expliqué au manager », Edition Eyrolles, 2001.

<sup>18</sup> « QU'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ? », (consulté le 01/04/2024 à 12 :38) <https://www.netapp.com/fr/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence/>

<sup>19</sup> « Qu'est-ce que l'IA ? En savoir plus sur l'intelligence artificielle », (consulté le 01/04/2024 à 12 :00) <https://www.oracle.com/fr/artificial-intelligence/what-is-ai/>

chaîne d'approvisionnement agile, connecté et efficace, aide les entreprises à devenir plus rapides, résilientes et transparentes, ce qui est essentiel pour répondre aux demandes croissantes des clients en matière de personnalisation des produits et de services, de délais de livraison réduits, de coûts plus bas et aussi encourage à relever les défis actuels et à se préparer à un avenir flexible.

### 1.3.2. Internet of Things (IoT)

L'Internet des objets désigne le processus de connexion d'objets physiques à Internet et le réseau qui relie ces objets, autrement c'est l'intégration des capteurs, des logiciels et d'autres technologies en vue d'échanger les données. Il relie tout élément capable de transférer des données sur un réseau. Et ce, sans nécessiter d'interactions entre humains ou entre un humain et un ordinateur. Cependant, l'interaction personne-machine est rendue possible. Ces objets sont capables de collecter, traiter et analyser des données sur l'environnement suivant un ensemble des étapes pour les rendre compréhensibles. Il s'agit d'une solution permettant la communication entre appareils ou entre ceux-ci et le cloud. Les informations sont donc transférées directement vers le cloud à des fins d'analyse et d'exploitation ou à un autre appareil IoT pour une analyse locale.<sup>20</sup>

Dans le domaine de la santé, l'essor de l'IoT permet de recueillir des données à partir de dispositifs de chevet, en affichant les informations du patient et un diagnostic en temps réel, l'ensemble du système de soins au patient est amélioré, tout comme son expérience. L'efficacité des soins de santé dépend de la vitesse et précision des appareils et équipements utilisés. Le potentiel de l'IoT représente un réel gain de temps en évitant les visites individuelles auprès de chaque patient, mais aussi permet des diagnostics à distance et le suivi des services médicaux pour fournir de meilleurs soins plus rapidement aux patients, tout en gérant l'environnement de santé plus efficacement.<sup>21</sup>

L'IoT dans SCM consiste à avoir un suivi en temps réel des objets, ces capteurs mesurent différentes variables et aident à prévenir les perturbations futures.

Ces capteurs peuvent être placés sur :<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> « Comprendre l'internet des objets », (consulté le 01/04/2024 à 15 :00) , <https://www.ovhcloud.com/fr/learn/what-is-iot/>

<sup>21</sup> « Internet des Objets, le guide talent », (consulté le 01/04/2024 à 15 :39), <https://www.talend.com/fr/resources/iot-definition/>

<sup>22</sup> « Comment L'IoT révolutionne la Supply Chain », publié le 23/10/2023, (consulté le 01/04/2024 à 21 :52), <https://www.rubafilm.com/comment-iot-revolutionne-le-supply-chain-2/>

- **Les emballages** : pour transmettre des informations concernant le lieu de la marchandise et déterminer quand la marchandise va arriver au destinataire.
- **Les moyens de transport** : pour transmettre des informations sur le lieu et les conditions de transport.
- **Dans les entrepôts** : pour avoir des informations sur le stock et la disponibilité des produits afin de faire des inventaires en temps réel.

L'IoT permet donc de répondre aux challenges posés par la supply chain en permettant :<sup>23</sup>

- **La traçabilité des marchandises grâce à l'asset tracking** : ces fonctionnalités en temps réel permettent une meilleure gestion de stock, une réduction des risques tels que la perte, les vols et autres, optimisation des plans de production, la réduction des délais par l'organisation et le suivi du transport et assurer la sécurisation des transporteurs.
- **L'augmentation et l'optimisation de la productivité** : par l'automatisation des processus de production ou dans les entrepôts, là où l'humain n'apporte aucune valeur.
- **Un gain de temps** : l'IoT diminue toutes les tâches qui n'apportent pas de valeur pour les entreprises, prévoit les pannes grâce à la maintenance prédictive.
- **Une diminution des coûts** : en réduisant les pertes et le gaspillage et aussi en allongeant la durée de vie des équipements.

### 1.3.3. La blockchain

C'est une technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée, et fonctionnant sans organe central de contrôle. Elle constitue une base de données qui contient l'historique de tous les échanges effectués entre ses utilisateurs depuis sa création, sécurisée et distribuée : elle est partagée par ses différents utilisateurs, sans intermédiaire, ce qui permet à chacun de vérifier la validité de la chaîne. Il existe des blockchains publiques, ouvertes à tous, et des blockchains privées, dont l'accès et l'utilisation sont limitées à un certain nombre d'acteurs.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> « Les 4 promesses de l'IoT pour la supply chain », (consulté le 01/04/2024 à 22 :45), <https://blog.rtone.fr/iot-supplychain#:~:text=Int%C3%A9gr%C3%A9e%20%C3%A0%20la%20supply%20chain.des%20acteurs%20de%20la%20cha%C3%Aene>.

<sup>24</sup> « Blockchain », (consulté le 01/04/2024 à 23 :15), <https://www.cnil.fr/fr/definition/blockchain>

La blockchain se compose de 3 éléments clés :<sup>25</sup>

- **Les blocs** : les blocs se définissent comme des groupements de transactions selon le nombre de données ils se distinguent les uns des autres grâce à un identifiant appelé "hash".
- **Les nœuds** : il s'agit des ordinateurs connectés à la blockchain. Chacun d'entre eux héberge une copie de la base de données. Cette copie est téléchargée automatiquement lors de la connexion au réseau et contient l'intégralité des échanges entre utilisateurs.
- **Les mineurs** : ces derniers sont chargés de vérifier si les nouveaux blocs créés correspondent aux standards de sécurité, ils garantissent l'authenticité de l'ensemble de la chaîne.

Dans le cadre des opérations logistiques, la technologie blockchain est un outil de communication puissant, sans possibilité de modification ou de suppression, les données sont sûres et transparentes grâce à cette technologie. Les vérifications automatiques des données à travers le réseau de blocs garantissent une grande efficacité :<sup>26</sup>

- **Une traçabilité optimale** : Avec un système de blockchain, la chaîne d'approvisionnement possède une parfaite visibilité sur la qualité et l'origine des produits.
- **Un système anti-fraude** : elle facilite l'identification de la source de la fraude, garantit un haut niveau de sécurité à tous les utilisateurs.
- **Réduction des coûts et des délais** : le réseau blockchain s'applique à de nombreuses parties de la supply chain, c'est le cas du transport maritime dont le coût pourrait baisser de 20 % avec l'utilisation de cette technologie, elle contribue à accélérer les processus et donc réduire les délais de livraison.
- **Sécurité de la chaîne d'approvisionnement** : Les blocs de données de la blockchain enregistrent les transactions avec une signature numérique de chaque utilisateur. Les informations sont donc chiffrées avec une clé privée qui sert de preuve de leur authenticité, elle permet aussi d'assurer la sécurité d'un produit

---

<sup>25</sup> « Qu'est-ce que la technologie Blockchain et à quoi sert-elle ? », (consulté le 01/04/2024 à 23 :30), <https://www.talend.com/fr/resources/blockchain/>

<sup>26</sup> « Blockchain et supply chain : quelles perspectives ? », publié le 16/11/2023, (consulté le 01/04/2024 à 23 :49), <https://www.procemo.com/blog-articles/perspectives-block-chain-supply-chain>.

grâce à des données précises comme le certificat de propriété, l'origine, le stockage et tout son historique de suivi.

- **Une automatisation du fonctionnement** : les transactions s'exécutent sans intervention d'un tiers, elle permet d'améliorer l'efficacité et la rapidité des opérations en éliminant les inefficacités.

### 1.3.4. Robotique

La robotique est un domaine scientifique basé sur les machines qui exécutent des tâches en fonction des programmes et des algorithmes prédéterminés et adaptatifs, de façon automatique ou semi-automatique. Ces machines sont contrôlées par des humains ou travaillent d'une façon autonome. C'est un concept général qui englobe la construction, l'élaboration et la programmation des robots. Ils sont souvent utilisés pour remplacer les humains et exécuter des tâches monotones et répétitives.<sup>27</sup>

Dans le domaine de la logistique les robots ont pour buts d'automatiser les tâches pour répondre plus rapidement aux besoins des clients et les satisfaire, d'éliminer les tâches pénibles et répétitives et d'augmenter la productivité.

La robotique apporte plusieurs avantages dans le secteur de la logistique en prenant comme exemple le stockage :<sup>28</sup>

- **Un système plus productif** : l'utilisation des robots permet de réaliser les tâches plus rapidement à cause de leurs précisions dans l'exécution du travail comme ils peuvent travailler 24h/24h. Ils peuvent se déplacer dans l'entrepôt sans fatigue, exécuter immédiatement chaque ordre (picking, stockage, déplacement de marchandises), emballer les produits en temps voulu et bien plus d'autres.
- **Protection des personnels** : lorsque les robots qui exécutent les opérations de la manutention les salariés vont se décharger des tâches pénibles, répétitives, et tous qui impacte négativement la santé des personnels. Cela permet également de minimiser les accidents de travail.
- **Réduction des erreurs** : dans ce cas, chaque robot connaît la mission qu'il doit effectuer, et ils sont programmés d'exécuter les tâches répétitives de manière plus

---

<sup>27</sup> «Présentation de la robotique et de l'automatisation», (consulté le 02/04/2024 à 01:14), <https://courses.minnalearn.com/fr/courses/emerging-technologies/robotics-and-automation/introduction-to-robotics-and-automation/>

<sup>28</sup> «Quels sont les bénéfices des entrepôts robotisés en logistique ? », (consulté le 02/04/2024 à 00:39), <https://www.supplychaininfo.eu/faq-logistique/quels-benefices-entrepots-robotises-logistique/>

précise sans être affectés par les facteurs humains tels que la fatigue qui provoque des erreurs ce qui va améliorer la qualité des résultats.

### 1.4. Autres outils technologiques

Les autres outils technologiques peuvent être résumés dans les points suivants :<sup>29</sup>

#### 1.4.1. Système de suivi

- **Les codes-barres** : Un code-barres est un ensemble de chiffres et de barres, qui sont imprimés et placés sur des produits, des emballages ou des pièces. Ils contiennent des données qui permettent le suivi et la sécurité des produits. Ils peuvent être lus à l'aide des douchettes, des lecteurs à main ou d'autres lecteurs spécifiques équipés de lampes et d'optiques qui décodent les données contenues dans les codes.
- **Radio Frequency Identification (RFID)** : Cette méthode est utilisée pour mémoriser et récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs appelés « radio-étiquettes ». L'étiquette RFID est capable de transmettre des données grâce aux ondes radiofréquences et s'allume généralement à proximité d'un lecteur. Cette méthode améliore nettement la rapidité et la précision des enregistrements. Parmi ses avantages : une durée de vie plus longue, une plus grande capacité de stockage d'informations et une lecture à distance.

#### 1.4.2. Systèmes avancés

- **Les caméras et les imageurs** : Ces nouveaux matériels dotés d'une vaste zone de couverture visuelle peuvent lire en même temps et sous différents angles dispersés plusieurs codes-barres à la fois. Il est ainsi possible de tracer facilement le passage d'un produit d'une étape à une autre, ces outils facilitent le suivi et détectent les problèmes.
- **Les balises Global Positioning System** : Ce système de positionnement fonctionne par un réseau de satellite. Un récepteur ou une balise GPS reçoit des signaux par plusieurs satellites, puis détermine la position géographique. Cette méthode convient bien aux environnements en extérieur. Elle est bien adaptée pour la traçabilité hors site tel dans le suivi des marchandises en expédition ou dans les lieux où il est difficile d'installer une infrastructure.

---

<sup>29</sup> « Quels outils pour améliorer votre traçabilité logistique ? », publié le 04/01/2022, (consulté le 02/04/2024 à 11 :20), <https://www.generixgroup.com/fr/blog/tracabilite-logistique-quelles-technologies>.

- **Les systèmes de réalité augmentée :** Ces technologies de virtualisation permettent de superposer des informations numériques, telles que des graphiques, des coordonnées GPS, des données textuelles ou des vidéos, ces informations peuvent être consultés par plusieurs supports comme les smartphones, tablette, casque...etc. Ces systèmes donnent la possibilité aux opérateurs d'observer un produit et de récolter l'ensemble des informations issues de bases de données, par exemple dans le domaine de la gestion des entrepôts elle permet de visualiser en temps réel la capacité de stockage d'un entrepôt et d'optimiser l'espace disponible en réalisant des inventaires. Les technologies 2D et 3D permettent de créer un plan d'entrepôt virtuel afin de déterminer quels sont les emplacements les plus stratégiques en matière de gain d'espace et de réduction des coûts.

### **SECTION 03 : Les clés de la transformation digitale de la Supply Chain**

#### **1. Les facteurs clés de succès de la transformation digitale de la Supply Chain**

La digitalisation de la supply chain ne se limite pas seulement à l'intégration des technologies mais c'est une transformation des processus et des méthodes de travail, ces facteurs clés succès sont considérés comme des éléments importants pour une transformation efficace, car ils sont fondamentaux pour garantir le succès de la digitalisation de la supply chain

Ils regroupent divers aspects, et il est essentiel de parler sur chaque'un en détail : <sup>30</sup>

##### **1.1.Engagement de la direction et des parties prenantes**

Un des éléments majeurs est l'engagement de la direction pour soutenir le projet et donner du crédit à la transformation souhaitée au sein de l'entreprise, il est indispensable d'impliquer toutes les parties prenantes de la chaîne logistique dès le début du processus soit interne ou externe y compris les fournisseurs, les clients, les employés et d'autres ce qui favorise la collaboration entre eux. La digitalisation de la supply chain permet de sécuriser le cycle d'approvisionnement, d'améliorer son efficacité en partageant une visibilité globale tout au long du processus.

---

<sup>30</sup> « Les 4 facteurs clés de succès pour digitaliser sa supply chain », publié le 21/01/2022, (consulté le 02/04/2024 à 13 :13), <https://www.faq-logistique.com/CP20220121-E-SCM-Industrie-Textile-Facteurs-Cles-Succes-Digitalisation-Processus-Approvisionnement.htm>

### 1.2. Déploiement progressif et maîtrisé

Une mise en œuvre progressive permet de minimiser les risques et d'adapter progressivement les technologies, cela débute par des essais et des tests pour vérifier et faire des ajustements. Un accompagnement adéquat comprenant des programmes de formation est crucial pour encourager l'adoption des technologies et assurer une transition harmonieuse vers la digitalisation.

### 1.3. Réorganisation des processus supply chain

La mise en place des outils numériques nécessite de repenser et de réorganiser les processus de la chaîne d'approvisionnement pour plus d'efficacité. Cela peut impliquer l'automatisation de plusieurs tâches, la simplification des flux de travail et l'intégration de nouvelles technologies.

### 1.4. Vers plus de valeur ajoutée pour les fonctions supply chain

Avec la digitalisation, les employés vont se libérer des tâches répétitives, routinières, manuelles et qui n'apporte pas de valeur ajoutée pour l'entreprise et leurs donnant l'opportunité à concentrer sur les tâches essentielles. Les métiers se spécialisent davantage. L'expérience montre que l'apprentissage par la pratique est un bon moyen d'impliquer les équipes.

## 2. Défis et avantages de la digitalisation de la chaîne d'approvisionnement

### 2.1. Avantages de la digitalisation de la chaîne d'approvisionnement

Les avantages de la digitalisation sont répartis sur plusieurs axes :<sup>31</sup>

#### 2.1.1. Sur le plan économique

- **Amélioration des résultats de l'entreprise :** en réduisant l'écart entre les plans planifiés et leurs exécutions cela permet d'atteindre les objectifs fixés ce qui peut refléter une meilleure performance globale.
- **Détermination des meilleurs potentiels de vente :** cela consiste à déterminer les meilleures pratiques pour commercialiser et vendre les produits ce qui facilite le ciblage des clients et augmenter les ventes.

---

<sup>31</sup> Alliance Industrie du futur, « Guide des technologies de l'industrie du futur - Enjeux et panorama des solutions - Digitalisation de la Supply Chain », Fiche 19, file:///C:/Users/samsung/Downloads/19\_Digitalisation+de+la+supply+chain%20(1).pdf

- **Elimination des pénuries** : par la planification de la production l'entreprise peut mieux gérer ses stocks pour assurer la disponibilité des produits et répondre à la demande des clients efficacement.
- **Optimisation et planification des flux logistiques** : consiste à organiser le déplacement des produits depuis la production jusqu'à la livraison final afin de minimiser les couts et maximiser l'efficacité en établissant des plans détaillés pour chaque étape ainsi la coordination entre eux pour plus de fiabilité.
- **Anticipation de l'activité humaine** : consiste à prévoir avec précision la demande future des clients en se basant sur plusieurs données, après l'entreprise doit déterminer le besoin en main d'œuvre pour répondre à cette demande. Il est crucial d'appliquer des stratégies de formation pour que le personnel soit capable de s'adapter rapidement aux changements.

### 2.1.2. Sur le plan technologique

- **Simulation de plusieurs scénarios pour anticiper la demande** : consiste à utiliser des outils pour faire des simulations et créer des modèles pour prédire et planifier d'une façon optimale et orienter les ressources disponibles.
- **Travail sur des volumes de données extraordinaires et prise en compte de données exogènes** : cela implique l'utilisation de grands nombres de données de différentes sources et les analyser dans un minimum de temps pour améliorer la prise de décision.

### 2.1.3. Sur le plan de la transformation de l'entreprise

- **Décloisonnement des frontières entre les différents acteurs** : La digitalisation permet d'éliminer les barrières entre les acteurs de l'organisation en facilitant la communication et la collaboration pour coordonner toutes les activités et avoir une meilleure visibilité.
- **Automatisation des tâches et optimisation du flux documentaire** : l'automatisation des processus et la réduction de l'utilisation des papiers rendent toutes les activités plus efficaces, cela permet au final d'accélérer le flux logistique global tout en réduisant les délais et en améliorant la précision.
- **Exploitation des données dans la prise de décision** : les données collectées et analysées sont exploitées pour la création des tableaux de bords et faire des analyses

prédictives pour prendre des décisions claires et stratégiques, optimiser les opérations et participer à la réalisation de la performance globale.

### 2.1.4. Sur le plan environnemental et sociétal

- **Réduction de l'impact environnemental** : La digitalisation peut contribuer à réduire l'impact environnemental en réduisant les distances parcourues des véhicules, minimisant les émissions de CO<sub>2</sub>, réduisant la consommation de carburant, réduisant le gaspillage et optimiser l'utilisation des ressources.
- **Impact sociétal positif** : La digitalisation de la supply chain permet une meilleure traçabilité des produits ce qui donne l'opportunité aux consommateurs pour connaître plus d'informations et faire le choix adéquat qui favorise la durabilité et la responsabilité sociale ce qui va contribuer à la réduction des délais de livraison et l'amélioration de la satisfaction client.

### 2.2. Défis de la digitalisation de la chaîne d'approvisionnement

Les défis de la digitalisation sont :<sup>32</sup>

- **Sécurité des données** : La digitalisation implique la collecte et le partage de nombreuses données sensibles, telles que les informations sur les commandes, les coordonnées des clients, etc. Cela met les entreprises au risque de cyberattaques et de violations donc il est essentiel de mettre en œuvre des mesures de sécurité pour protéger ces données contre toutes les menaces possibles.
- **Mise à niveau des compétences** : La digitalisation nécessite des compétences techniques avancées pour mettre en place et gérer les systèmes logistiques numériques. Les entreprises doivent investir dans la formation de leur personnel pour assurer qu'ils disposent des compétences nécessaires.
- **Intégration des systèmes** : la transition digitale implique souvent l'utilisation de plusieurs systèmes et plates-formes différents. Il est essentiel d'assurer la compatibilité et la communication transparente de ces systèmes. Cela peut nécessiter des efforts supplémentaires pour intégrer les systèmes existants ou investir dans de nouvelles technologies.

---

<sup>32</sup> « La digitalisation de la chaîne d'approvisionnement : les avantages et les défis », (consulté le 02/04/2024 à 17 :16), <https://fulfillmenthubusa.com/la-digitalisation-de-la-chaîne-dapprovisionnement-les-avantages-et-les-defis/>

- **Résistance au changement** : La digitalisation peut entraîner des changements importants dans les processus et les façons de travail. Certains employés peuvent résister à ces changements ou avoir du mal à s'adapter aux nouvelles technologies. Pour surmonter cela, il est important de mettre en place des programmes de formation et de communication pour faciliter la transition.

### CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons exploré la transformation numérique qui développe l'industrie de la chaîne d'approvisionnement ainsi que les implications de cette évolution en mettant en lumière trois aspects.

Tout d'abord, nous avons parlé sur la numérisation de la supply chain. Cette approche a souligné l'importance croissante de l'intégration des technologies numériques dans tous les aspects de la gestion logistique, et comment cette évolution transforme radicalement les opérations traditionnelles, offrant ainsi des opportunités d'efficacité accrue, de visibilité améliorée et de réactivité face aux demandes du marché.

Ensuite, nous avons entamé les outils qui facilitent cette révolution numérique telle que la blockchain, l'internet of things, l'intelligence artificielle et bien plus d'autre.

Enfin, nous avons examiné les clés essentielles d'une transformation numérique réussie de la chaîne d'approvisionnement et ce qu'elle va apporter de plus pour l'entreprise.

Dans l'ensemble, ce chapitre a mis un plan complet de l'ère numérique dans la chaîne d'approvisionnement, mettant en lumière les défis à relever et les opportunités à saisir. Il s'agit d'une période de transformation passionnante où les entreprises sont appelées à repenser leurs stratégies et à embrasser pleinement le potentiel des technologies émergentes.

## **CHAPITRE II :**

### **LA SUPPLY CHAIN DANS LE DOMAINE DES HYDROCARBURES**

### **INTRODUCTION**

Dans l'univers complexe de l'industrie des hydrocarbures, la gestion fluide et coordonnée de la supply chain représente un pilier essentiel pour assurer la performance et la rentabilité des opérations. La supply chain, qui englobe l'ensemble des activités liées à la planification, l'approvisionnement, la production, la distribution et la livraison des produits pétroliers et gaziers, joue un rôle stratégique dans le secteur. Sa bonne gestion permet non seulement d'optimiser les coûts, mais aussi de garantir la fiabilité des approvisionnements et des livraisons, malgré les différents défis auxquels l'industrie est confrontée.

Au cœur de la supply chain des hydrocarbures se trouvent des défis complexes et variés qui nécessitent une collaboration étroite entre les différents acteurs de la chaîne logistique. La volatilité des prix du pétrole, les enjeux environnementaux, les contraintes réglementaires et les risques géopolitiques viennent rythmer le quotidien des professionnels du secteur. Ainsi, la coordination efficace des activités et des partenaires tout au long de la chaîne logistique revêt une importance capitale pour assurer la fluidité des opérations et la satisfaction des clients finaux.

Dans le cadre de ce deuxième chapitre, nous plongerons au cœur de la supply chain des hydrocarbures, explorant ses rouages complexes et ses enjeux spécifiques. Nous mettrons en lumière les principaux acteurs impliqués, les processus clés ainsi que les innovations récentes visant à améliorer l'efficacité et la durabilité de la chaîne d'approvisionnement. Ce chapitre posera ainsi les bases nécessaires pour appréhender les enjeux stratégiques et opérationnels qui façonnent le domaine de la logistique pétrolière et gazière.

### **SECTION 01 : Les concepts de base de la Supply Chain Management**

#### **1. Définition de la Supply Chain**

Avant d'entamer les définitions, clarifiant d'abord le sens du terme anglais **SUPPLY CHAIN**. En tant que substantif, il signifie « **offre** »; employé comme verbe, il se traduit par « **fournir** » ou « **approvisionner** » ce qui donne « **chaîne de l'offre** » et « **chaîne d'approvisionnement** » sont donc deux expressions acceptées et synonymes pour traduire supply chain.<sup>33</sup>

**Le Journal Officiel de la République Française (JORF)** a validé la similarité entre la supply chain et la chaîne logistique, en définissant ce concept : « ensemble des processus nécessaires pour fournir des produits ou des services »<sup>34</sup>

Selon **The Cambridge Dictionary** la supply chain est définie comme suit « The system of people and things that are involved in getting a product from the place where it is made to the person who buys it ». La traduction en français « Un système de personnes et d'éléments impliqués dans la fourniture d'un produit depuis son lieu de production jusqu'à son acheteur. »<sup>35</sup>

Selon **FENDER Michel** et **PRIMOR Yves** la supply chain est « la suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients. »<sup>36</sup>

Enfin, la supply chain peut être définie comme l'ensemble des activités et des processus nécessaires pour concevoir, produire, stocker et distribuer un produit ou un service efficacement, du fournisseur initial jusqu'au consommateur final. Elle englobe la gestion des matières premières, des processus de production, de stockage et de distribution, ainsi que la coordination des parties prenantes. Les principaux buts sont de garantir une disponibilité optimale des produits, de réduire les coûts et les délais, tout en répondant aux besoins et aux attentes des clients.

---

<sup>33</sup> **GRATACAPA. MEDAN P.**, « Logistique et supply chain management : intégration, collaboration et risque dans la chaîne logistique globale », édition Dunod, 2006, P 19

<sup>34</sup> **Journal Officiel de la République Française**, n°111, 14 mai 2005, P 8379, texte n° 135.

<sup>35</sup> Cambridge Advanced Learner's Dictionary, 2013, page 1856.

<sup>36</sup> **FENDER M., PRIMOR Y.**, « Logistique, production, distribution, soutien », édition Dunod, 7ème édition, Paris, 2016, P 10.

### **2. Définition de la Supply Chain Management SCM**

La supply chain management autrement dit la gestion de la chaîne logistique joue un rôle crucial dans l'entreprise, elle englobe l'ensemble des activités reliées par des flux de produits, d'informations et de finances tout au long le processus de production et de distribution. En intégrant les opérations stratégiques et opérationnels de fabrication, d'approvisionnement, de stockage et de livraison, les entreprises peuvent non seulement répondre aux exigences des clients mais également optimiser leurs coûts et leur efficacité. C'est pourquoi il est important pour chaque entreprise de comprendre ce processus pour rester compétitive sur le marché actuel.

« La tâche d'intégrer les unités organisationnelles tout au long de la chaîne logistique et la coordination des flux physiques et d'informations dans le but de satisfaire la demande du client (final) en ayant pour but d'améliorer la compétitivité de la chaîne dans son ensemble.»<sup>37</sup>

« Un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et les détaillants de façon à garantir la production et la distribution des produits finis au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité, en respectant les exigences des consommateurs finaux et ce, au moindre coût.»<sup>38</sup>

« Le SCM englobe la planification et la gestion de toutes les activités liées à l'approvisionnement et l'achat, la transformation, et toutes les activités de management logistique. [...] la coordination et la collaboration avec les partenaires de la chaîne, qui peuvent être des fournisseurs [...] des prestataires logistiques et des clients. En substance, le supply chain management combine la gestion de l'offre et de la demande au sein d'une entreprise et entre les entreprises.»<sup>39</sup>

### **3. Les étapes de la Supply Chain**

La supply chain au final représente le réseau intégré d'activités et de processus nécessaires pour transformer les matières premières en produits finis, puis les livrer aux clients dans le but d'atteindre un certain niveau de satisfaction.

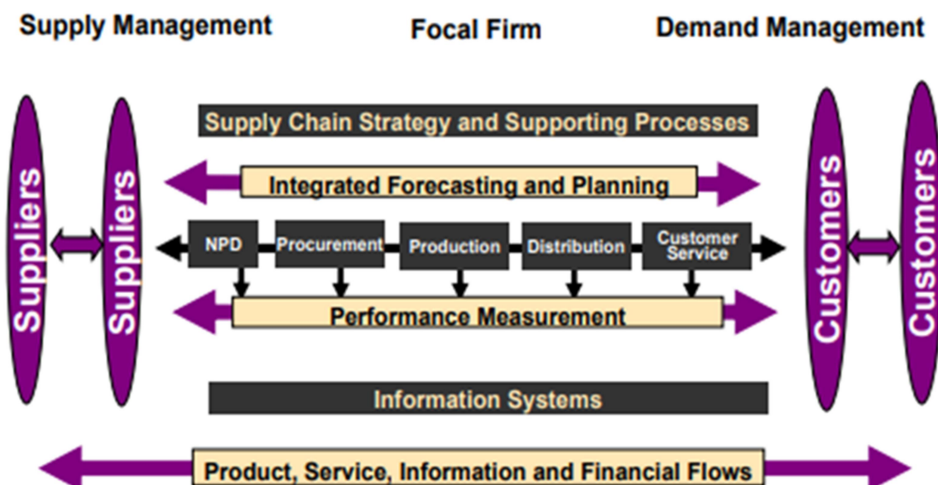
---

<sup>37</sup> **STADTLER, KILGER**, «Supply Chain Management and Advanced Planning», édition Springer, 2005, P 512.

<sup>38</sup> **SIMICHI-LEVI D, KAMINSKY P, SIMICHI-LEVI E**, «Designing and Managing the Supply Chain», McGraw Hill Company, 2000, P 1.

<sup>39</sup> Définition du « Council of Supply Chain Management Professionals » (équivalent américain de l'ASLOG)

*Figure II.03 : Représentation de la Supply Chain*



**Source:** Nancy W. Nix, «Technology as a Competitive Weapon in the Supply Chain», TCU Supply and Value Chain Center, 2004.

D'après cette figure on peut identifier les différentes étapes de la supply chain :

### **3.1. Inbound Logistics (logistique entrante)**

#### **3.1.1. Prévision et planification (Forecasting) :**

Un processus consiste à estimer la demande future pour un produit ou un service en se basant sur plusieurs facteurs tels que les données historiques afin d'identifier les besoins en matières premières et d'autres composants.

#### **3.1.2. Sélectionner les fournisseurs (Selecting)**

Cette étape comprend l'identification et évaluation de différents fournisseurs potentiels des biens et services nécessaires pour l'activité de l'entreprise en prenant en compte des critères tels que la qualité, le prix, la fiabilité et la capacité de production.

#### **3.1.3. Commander les matières (Ordering)**

Implique la passation des commandes pour s'approvisionner en produits nécessaires à la production, afin de les recevoir et faire de l'inspection pour vérifier la conformité et la qualité.

#### **3.1.4. Gestion des stocks (Managing)**

Cette activité consiste à superviser et à contrôler les niveaux de stock disponibles dans l'entreprise, en veillant à ce qu'ils restent toujours suffisants pour répondre à la demande.

### **3.2. Outbound Logistics (Logistique sortante)**

#### **3.2.1. Ordonnancer la production (Scheduling)**

C'est un processus de planification et d'organisation des étapes de production, en déterminant le moment et la quantité de production pour chaque article.

#### **3.2.2. Préparation de commande**

Cela implique les prélèvements des produits en stock, les emballer et les préparer à l'aide d'un plan de préparation et des bon de commande.

#### **3.2.3. Expédition et livraison des produits (Shipping and Delivering)**

Là les produits finis sont préparés, emballés et expédiés vers les clients conformément aux commandes, en assurant à ce qu'ils soient livrés dans les délais impartis et en bon état.

#### **3.2.4. Organiser les échanges d'information (Organizing)**

Cela vise à établir et à maintenir des systèmes efficaces d'échange d'informations tout au long de la supply chain, dans le but de garantir une communication fluide entre les différents acteurs impliqués pour assurer une coordination optimale des opérations.

### **3.3. Reverse Logistics (Logistique inverse)**

#### **3.3.1. Retour des produits**

Cela implique de recevoir les produits retournés auprès des clients et les remettre en stock.

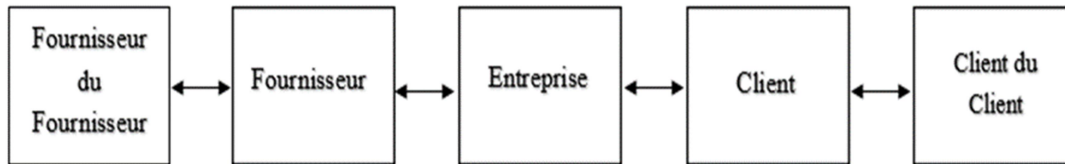
#### **3.3.2. Inspection**

Cette étape permet de déterminer l'état des produits retournés, les classés selon le niveau de défaut et les envoyer aux zones responsables (recyclage, reconditionnement, revente...).

## **4. Les acteurs de la Supply Chain**

Dans ce système interconnecté, il existe plusieurs acteurs qui jouent des rôles cruciaux, chacun contribue pour la réussite globale de la chaîne. Découvrant maintenant les principales entités :

Figure II.04 : Les acteurs de la Supply Chain



Source : Inspiré de Mentzer et al (2001)

#### 4.1. Fournisseurs (Suppliers)

Ces partenaires fournissent les matières premières et les composants nécessaires pour la fabrication des produits.

#### 4.2. Fabricants (Manufacturers)

Les producteurs qui transforment les matières premières et les composants en produits finis, ils sont responsables sur la qualité des produits.

#### 4.3. Distributeurs (Distributors) & Grossiste (Wholesalers)

Ils sont les intermédiaires qui achètent des produits auprès des fabricants pour les revendre à des détaillants, des grossistes ou des consommateurs.

#### 4.4. Détaillant (Retailers)

Ce sont des intermédiaires qui vendent les produits directement aux consommateurs par le biais des différents canaux de vente et chargés de la commercialisation en général.

#### 4.5. Transporteurs (Carriers)

Des entités responsables sur le transport des marchandises et assure leurs déplacements.

#### 4.6. Logisticiens

Ils coordonnent toutes les flux dans le but d'optimiser toutes les opérations afin de garantir des livraisons efficaces et efficientes.

#### 4.7. Clients (Customers)

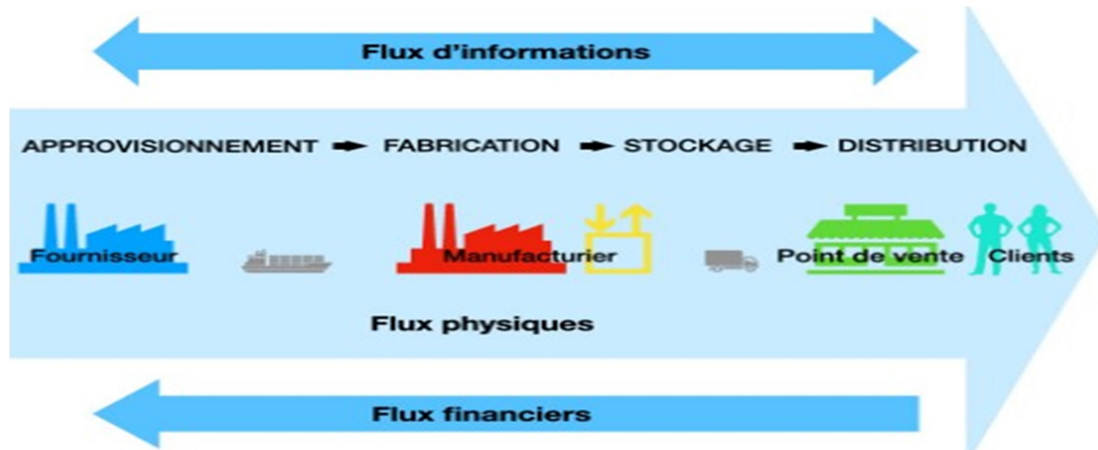
Ce sont les destinataires finaux des produits & services, ils peuvent être des entreprises ou bien des individus.

### 5. Les flux de la Supply Chain

Dans le domaine de la logistique, il est nécessaire de comprendre en profondeur les différents flux qui composent la supply chain, ces flux sont le moteur pour un bon fonctionnement des entreprises.

Nous plongerons dans les détails de chaque type de flux :

**Figure II.05** : Schéma représentatif des flux de la chaîne logistique



**Source** : <https://packhelp.fr/supply-chain-management-optimisation/> (consulté le 18/03/2024 à 11 : 26)

#### 5.1. Flux Physique

Le flux physique est constitué par le mouvement des marchandises transportées et transformées depuis les matières premières jusqu'aux produits finis en passant par les divers stades de produits semi-finis. Il justifie l'organisation d'un réseau logistique c'est-à-dire les différents sites avec leurs ressources de production, les moyens de transports pour relier ces sites et les espaces de stockage nécessaires pour pallier les aléas et faire tampon entre deux activités successives.<sup>40</sup>

Si toutes les activités de la chaîne sont menées de la meilleure façon, cela garantira à la fois un flux continu et efficace, tout en assurant une livraison fiable aux clients.

#### 5.2. Flux financiers

Le flux financier représente les mouvements monétaires liés aux transactions commerciales entre les différentes entités de la chaîne, cela inclut par exemple les paiements des frais de

<sup>40</sup> **MERZOUK S.E.**, « Problème de dimensionnement de lot et de livraison : Application au cas d'une Chaîne Logistique », Thèse pour l'obtention du grade de docteur en Automatique et Informatique, Université de Technologie de Belfort, 2007, P 14.

transport, des matières premières et toute autre transaction, Il englobe aussi les investissements lourds dans les infrastructures, des solutions ou des équipements. Ces flux sont essentiels pour financer les opérations, gérer les risques financiers et améliorer la performance globale, une gestion efficace de ces flux assure une certaine rentabilité et stabilité.

### **5.3. Flux d'information**

Les flux d'information représentent le transfert des données et des connaissances entre les différents maillons de la chaîne, ils sont essentiels pour coordonner efficacement toutes les opérations, optimiser les processus et enfin prendre des décisions éclairées. Les principales catégories des flux d'information sont les prévisions de demande, les stocks, les dates des expéditions et toute autre information nécessaire pour le fonctionnement du processus en général. Ils sont gérés généralement par des logiciels pour faciliter le traitement telles que les systèmes de gestion des stocks, les logiciels de planification des ressources de l'entreprise (ERP), les outils de suivi des expéditions...etc. Ce type de flux assure la transparence et la traçabilité le long de la chaîne.

### **6. Niveaux de Maturité de la Supply Chain**

La gestion efficace de la supply chain est nécessaire pour les entreprises pour rester toujours compétitives dans un environnement commercial. De la logistique amont jusqu'à la distribution des produits finis, chaque point représente une opportunité pour l'optimisation et l'amélioration. Dans cette optique, il faut concentrer sur la compréhension des différents niveaux de maturité de la chaîne logistique, qui vont de la logistique non formalisée à la supply chain digitale reflètent ainsi le degré de sophistication et d'efficacité des processus.

**Figure II.06: Grille de Niveau de maturité de la Supply Chain**

NIVEAUX DE MATURITE SUPPLY CHAIN	Niveau 0 Logistique traditionnelle	Niveau 1 Logistique fonctionnelle	Niveau 2 Chaîne logistique intégrée	Niveau 3 Logistique globale (Supply Chain)	Niveau 4 E-Chain
		Fonction d'exécution des opérations physiques d'entreposage et de transport	Fonction opérationnelle de pilotage des flux physiques de production et de distribution	Fonction tactique de planification des flux Approvisionnements / Production / Distribution / Ventes	Fonction stratégique d'intégration et d'optimisation globale des flux au niveau de la supply chain : le concept de <b>Supply Chain Management</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualité et fiabilité des livraisons peu prévisibles</li> <li>• Pas de réflexion approfondie sur les processus logistiques</li> <li>• Peu d'indicateurs et de suivi...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vision linéaire de la chaîne logistique</li> <li>• Chaque fonction est motivée par ses propres indicateurs</li> <li>• Une sous optimisation d'ensemble en résulte...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vision intégrée de la chaîne logistique au niveau de l'entreprise</li> <li>• Indicateurs communs motivant toutes les fonctions</li> <li>• Partage de l'information incomplet entre l'entreprise, ses fournisseurs et ses clients...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vision étendue de la chaîne logistique : " <b>entreprise étendue</b> "</li> <li>• Partage de l'information aboutissant à un partage optimisé des prises de décisions</li> <li>• Intégration des systèmes d'informations interentreprises</li> <li>• Commerce électronique / Gestion de la relation clientèle ...</li> </ul>	

**Source :** DUCASTELLE T., « Supply Chain, Les Fondamentaux », Campus Universitaire de Saint-Quentin Pôle Technologique, P 17.

### 6.1. Niveau 0 : Logistique Traditionnelle

A ce stade, la logistique est considérée comme un simple service responsable sur la réalisation des opérations physiques et manuelles comme le transport et le stockage sans avoir aucun système pour la facilitation des tâches, ce qui peut entraîner des coûts logistiques élevés, des délais de livraison imprévisibles, un manque de visibilité et des risques de rupture de stock et des invendus.

### 6.2. Niveau 1 : Logistique Fonctionnelle

Ce niveau, chaque fonction à ses propres objectifs et indicateurs de performance telle que la production, l'achat et la distribution, cela va donner des décisions imparfaites, car les services fonctionnent d'une façon indépendante sans tenir compte de l'impact sur l'ensemble de la chaîne. Par exemple la fonction production pourrait se concentrer uniquement sur la réduction des coûts de production sans tenir compte des délais de livraison au client final.<sup>41</sup>

### 6.3. Niveau 2 : Chaîne Logistique Intégrée

Dans cette perspective, les entreprises cherchent à relier toutes les fonctions pour former une vision globale de la supply chain, en collaborant et partageant les informations dans le but d'optimiser toute la chaîne. Des processus standardisés et des indicateurs communs sont mis en place pour mesurer la performance globale.

<sup>41</sup> « Supply Chain Management et Stratégies industrielles », (consulté le 15/03/2024 à 7 :13), P 8-9, <https://www.docplayer.fr/669468-Le-supply-chain-management.html>

Par exemple, l'entreprise peut mettre en place un système de planification intégré (S&OP) et encourager une collaboration étroite entre les différents services pour optimiser les stocks et les délais de livraison cela donne une meilleure prise de décision et une visibilité accrue.<sup>42 43</sup>

### **6.4. Niveau 3 : Logistique globale (Supply Chain)**

Le niveau global, donne à l'entreprise l'avantage pour élargir sa vision de la supply chain pour inclure ses fournisseurs et ses clients. L'objectif est de créer une chaîne collaborative et transparente qui optimise les flux de produits, d'informations et administratifs. Les entreprises à ce niveau peuvent adopter des technologies collaboratives pour améliorer la communication et la collaboration entre toutes les entités de la chaîne

Les avantages comprennent une réduction des coûts logistiques, une amélioration de la qualité, une augmentation de la satisfaction client et une meilleure réactivité aux changements.<sup>44</sup>

### **6.5. Niveau 4 : E-Chain**

Ce point est considéré le plus avancé de la maturité, les entreprises exploitent pleinement les technologies numériques pour transformer toutes les opérations et les rendre automatisés et pilotés par l'intelligence artificielle, cela dit l'amélioration de la performance, de l'efficacité opérationnelle et une réduction des erreurs humaines.

Des technologies de pointe telle que l'IoT, le Big Data et le Blockchain sont utilisés pour donner une meilleure visibilité et connectivité le long de la supply chain, ce qui favorise une communication en temps réel et transparente grâce à l'utilisation des plateformes collaboratives, et pour la prise de décision elle est basée sur des données prédictives et des analyses avancées.<sup>45</sup>

---

<sup>42</sup> « Echelle de maturité Supply Chain », (consulté le 15/03/2024 à 8.30), <https://www.supplychain-masters.fr/referentiel-supply-chain-masters>

<sup>43</sup> « 5 étapes de maturité logistique », (consulté le 15/03/2024 à 11.34), <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-stages-of-logistics-maturity>

<sup>44</sup> « La Supply Chain collaborative entraîne de nouvelle façon de penser la logistique », (consulté le 14/03/2024 à 19 :28), <https://www.acteos.fr/blog/supply-chain-collaborative/>

<sup>45</sup> « Supply Chain 4.0 : la transformation digitale de la supply chain », (consulté le 14/03/2024 à 20 :58), <https://www.synox.io/cat-smart-logistics/transformation-digitale-iot-supply-chain-4-0/>

### 7. Objectifs de l'optimisation de la Supply Chain

L'optimisation des tâches logistiques consiste à réduire le plus possible le coût de ces activités, tout en assurant le meilleur service aux clients.<sup>46</sup>

En effet cette démarche vise à atteindre plusieurs objectifs stratégiques cruciaux, allant de l'amélioration de la satisfaction des clients à la réduction des coûts en passant par la minimisation des risques et la promotion des pratiques durables. Nous allons examiner de plus près ses objectifs :<sup>47</sup>

- **Amélioration de la satisfaction client** : l'optimisation de la supply chain permet d'améliorer la satisfaction client en plusieurs points. D'abord en améliorant la prévision, l'entreprise peut mieux anticiper la demande future et essayer d'éviter les situations de rupture de stock ou de surstockage. De plus, une gestion efficace des stocks assure la disponibilité des produits lorsque le client en a besoin pour une meilleure satisfaction.
- **Réduction des coûts** : c'est-à-dire éliminer les tâches inutiles, inefficaces et répétitives pour réduire les coûts de la main d'œuvre, réduire les coûts liés aux excès de stockage, aux retards de livraison et aux frais de transport inutiles. En automatisant certaines tâches, comme le suivi des stocks ou la gestion des commandes les entreprises peuvent aussi réaliser des économies à long terme.
- **Diminution des risques** : la gestion des risques représente un défi majeur mais l'optimisation offre un cadre stratégique pour anticiper ces risques et mettre en place des mesures pour surmonter les perturbations afin de garantir la continuité des opérations.
- **Hausse de la performance globale** : l'optimisation ici favorise une meilleure coordination entre les acteurs de la chaîne en facilitant l'accès à des informations actualisées et en encourageant la collaboration transversale ce qui se traduit par une amélioration globale de la performance opérationnelle.
- **Minimisation de l'empreinte écologique** : en offrant l'opportunité de collaborer avec les prestataires écoresponsables et de mettre en place des pratiques plus durables. Cela peut inclure l'utilisation des matériaux recyclés, l'optimisation des itinéraires de

<sup>46</sup> MANSILLON G, HAYAT P, « Mercatique d'actio commerciale », édition Fauchez, Paris, 2001, P 472.

<sup>47</sup> « L'optimisation de la supply chain outils, stratégie et rôle de l'ERP », (consulté le 19/03/2024 à 22 :40), <https://www.erp-pgi.fr/l-optimisation-de-la-supply-chain/>

transport pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ou bien la mise en œuvre des solutions de gestion des déchets.

### **SECTION 02 : Exploration du secteur pétrolier : perspectives et opportunités**

#### **1. Présentation du secteur des hydrocarbures**

Le mot hydrocarbure englobe le pétrole et gaz, les composants de base de l'industrie pétrolière et gazière.

Les hydrocarbures ou huiles minérales regroupent différents produits pétroliers (pétrole brut, kérosène, essence, gasoil, lubrifiant, huiles à moteurs).<sup>48</sup>

L'industrie pétrolière se divise en trois grands segments :<sup>49</sup>

- Le segment amont qui inclut les activités sismiques, l'exploration et l'exploitation des ressources pétrolières ;
- Ensuite, le segment intermédiaire qui comprend le traitement initial des hydrocarbures, leur transport (routier, ferroviaire ou maritime) vers les zones de raffinage, ainsi que leur stockage et leur commercialisation en tant que produit brut ;
- Enfin, le segment aval qui englobe le raffinage des hydrocarbures bruts pour fabriquer une gamme de produits finis et les distribués.

Le secteur d'Oil & Gaz est extrêmement complexe, il implique plusieurs étapes. Plusieurs entreprises opèrent dans chacune de ces étapes, à savoir l'amont, l'aval et les intermédiaires. Chaque entreprise est responsable d'une étape spécifique, avec certaines qui regroupent l'ensemble des activités de cette industrie. De plus, divers équipements sont utilisés dans ce domaine : les extincteurs de chaleur, les équipements de stockage (les bacs, les sphères...), les refroidisseurs, les tours, les citernes, les pipelines, les régénérateurs, etc.

---

<sup>48</sup> Définition selon la norme AFNOR X 31410.

<sup>49</sup> **CAMPBELL J**, « Pétrole et gaz naturel : prouver sa valeur pour vendre à l'étranger », publié le 06/06/2016, (consulté le 20/03/2024 à 10 :29), <https://www.edc.ca/fr/blogue/serie-secteurs-petrole-gaz-naturel.html>

Figure II.7 : Processus de production de pétrole et de gaz



**Source :** JAYDEE R., « Un guide simple sur la production pétrolière et gazière », publié le 13/12/2023, (consulté le 24/03/2024), <https://safetyculture.com/topics/oil-and-gas-production/>

### 2. Importance économique d'Oil & Gaz

Depuis des années, les hydrocarbures fossiles ont joué un rôle central dans notre vie quotidienne. En effet, la plupart de nos activités sont, d'une manière ou d'une autre, liées à cette ressource non renouvelable. Au départ, les hydrocarbures étaient utilisés principalement à des fins domestiques, mais leur utilisation s'est ensuite étendue aux transports, à la production de médicaments, de plastiques, d'engrais, et bien d'autres domaines encore.<sup>50</sup>

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) prédit que le pétrole et le gaz continueront de jouer un rôle central dans la satisfaction de la demande mondiale en énergie primaire pendant au moins 25 ans. Malgré l'attention accrue portée aux sources alternatives telles que l'énergie nucléaire, l'énergie éolienne et l'énergie solaire, il sera très difficile de remplacer le pétrole et le gaz à court terme.<sup>51</sup>

Ces derniers fournissent plus de la moitié de l'énergie mondiale, leur absence entraînerait des conséquences énormes paralysant non seulement les pays mais l'économie mondiale. Bien qu'il y ait eu des initiatives énergétiques « renouvelables » et « durables », aucune d'entre elles n'a été en mesure de fournir une quantité significative d'énergie au monde. Ils ont été soit d'un coût prohibitif, soit difficiles, ou tout simplement peu fiables. Le pétrole et le gaz

<sup>50</sup> MOUSSEAU N., « Au bout du pétrole- Tout ce que vous devez savoir sur la crise énergétique », Éditions MultiMondes, Québec, 2008.

<sup>51</sup> SAJAL K., « L'importance du pétrole et du gaz dans l'économie d'aujourd'hui », publié le 31/03/2020, (consulté le 20/03/2024 à 20 :54), <https://www.linkedin.com/pulse/importance-oil-gas-todays-economy-sajal-katiyar/>

naturel font vivre le monde, et sans eux, de nombreux pays ne seraient pas en mesure de maintenir leurs activités quotidiennes.<sup>52</sup>

L'Algérie occupe une position stratégique et significative dans le domaine des hydrocarbures, en raison de ses vastes réserves de pétrole et de gaz naturel ainsi que de son expertise dans l'exploration, la production et l'exportation de ces ressources. Le Premier ministre a précisé l'importance de l'industrie pétrolière et gazière pour l'Algérie, en mettant en lumière les réalisations remarquables dans ce secteur. Grâce aux efforts des travailleurs et travailleuses du secteur, l'Algérie a développé d'énormes capacités dans tous les aspects de l'industrie des hydrocarbures. Des infrastructures industrielles de grande envergure, notamment dans le raffinage, la pétrochimiques et le transport par canalisation, ont été établies, ce qui a permis à l'Algérie de se positionner comme un acteur majeur à l'internationale. De plus, l'Algérie développe des relations étroites avec ses partenaires internationaux, tels que les pays de l'union européenne, en tant que troisième fournisseur de gaz naturel. Cette coopération a pour but de renforcer la sécurité énergétique et à promouvoir les énergies renouvelables, tout en garantissant un approvisionnement stable sur les marchés régionaux et internationaux. L'Algérie a su exploiter ses ressources, plus de 620 gisements de pétrole et de gaz, ce qui a conduit à une augmentation significative de la production nationale d'hydrocarbures. La contribution de l'Algérie est importante au niveau mondial, avec une production de près de 200 millions de tonnes d'équivalent pétrole (TEP), notamment en gaz naturel. L'Algérie reconnaît aussi l'importance croissante des énergies renouvelables et s'engage à intensifier ses efforts d'exploration pour augmenter ses réserves d'hydrocarbures tout en développant des solutions énergétiques durables pour répondre aux besoins futurs.<sup>53</sup>

### **3. Défis et Opportunités de l'industrie pétrolière**

L'industrie pétrolière et gazière fait face à plusieurs défis, mais ceux-ci ouvrent également la voie à des opportunités d'innovation et de croissance.

---

<sup>52</sup> **OVERHOLT M.**, « L'importance du pétrole et du gaz dans l'économie d'aujourd'hui », publié le 23/08/2016, (consulté le 19/03/2024 à 18 :08), <https://www.tigergeneral.com/the-importance-of-oil-and-gas-in-today-s-economy/>

<sup>53</sup> **BENABDERRAHMANE A.**, (le premier ministre de l'Algérie), « Hydrocarbures : l'Algérie a franchi de grands pas dans le processus de développement du secteur », publié le 23/02/2023, (consulté le 24/03/2024 à 10.30), <https://www.aps.dz/economie/152191-double-anniversaire-du-24-fevrier-l-algerie-a-franchi-de-grands-pas-dans-le-processus-de-developpement-du-secteur>

### **3.1. Défis de l'industrie pétrolière**

Les défis de l'industrie pétrolière peuvent se résumer dans les points suivants : <sup>54</sup>

- L'industrie pétrolière et gazière est confrontée à une pression croissante pour réduire son impact sur l'environnement en minimisant les émissions de gaz à effet de serre et en investissant dans des sources d'énergie renouvelables telles que l'énergie éolienne, solaire et l'hydrogène vert. Cette transition nécessite une révision des opérations.
- Les prix du pétrole fluctuent régulièrement, ce qui pose un défi remarquable à l'industrie. Afin de maintenir des opérations rentables dans un environnement de prix bas, il est essentiel de mettre en place des efforts pour réduire les coûts, optimiser les processus et diversifier les sources de revenus.
- Avec la digitalisation croissante des opérations, l'industrie est de plus en plus exposée aux cybers menaces. Il est devenu essentiel pour les entreprises du secteur de garantir la sécurité et de protéger leurs infrastructures critiques contre les attaques informatiques.
- L'industrie pétrolière et gazière est confrontée à une pénurie de talents, notamment dans les domaines de l'ingénierie, de la technologie et de la gestion. Il est indispensable d'attirer et de fidéliser des professionnels qualifiés afin d'assurer la pérennité des opérations et de favoriser l'innovation.
- Les investisseurs et les parties prenantes demandent désormais plus de transparence concernant la performance financière des entreprises, notamment en ce qui concerne la durabilité des flux de trésorerie.

### **3.2. Opportunités de l'industrie pétrolière**

Les opportunités de l'industrie pétrolière sont : <sup>55</sup>

- La demande croissante de carburants plus respectueux de l'environnement ouvre la voie à de nouvelles opportunités d'innovation et de développement de produits.
- L'adoption de technologies avancées, telles que l'automatisation, l'intelligence artificielle et l'Internet des objets, peut apporter plusieurs avantages à l'industrie. Ces

---

<sup>54</sup> **The University of Edinburgh**, « Industrie pétrolière et gazière : quels sont les principaux défis et opportunités ? », publié le 14/12/2020, (consulté le 24/03/2024 à 14 :40), <https://blogs.ed.ac.uk/careersinformed/oil-and-gas-industry-what-are-the-key-challenges-and-opportunities/>

<sup>55</sup> **CHRONIS A., HARDIN K., MITTAL A.**, « Perspectives de l'industrie pétrolière et gazière pour 2024 », (consulté le 25/03/2024 à 21 :51), <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/oil-and-gas-industry-outlook.html>

technologies permettent d'améliorer l'efficacité opérationnelle, renforcer la sécurité et faciliter la prise de décision.

- L'accent est mis sur l'acquisition et la rétention des talents afin de stimuler l'innovation et la croissance. En investissant dans le développement des compétences et la création d'un environnement de travail attrayant, les entreprises peuvent attirer et fidéliser les meilleurs talents.
- L'utilisation de technologies avancées telles que la capture et le stockage du carbone peut aider à réduire l'empreinte carbone de l'industrie, tout en respectant les normes réglementaires et en améliorant la réputation des entreprises.
- Renforcer la communication et la collaboration entre les acteurs de l'industrie favorise l'innovation, la résolution de problèmes et l'adoption de meilleures pratiques à grande échelle dans l'industrie.
- Investir dans des projets à faible émission de carbone permet aux entreprises d'améliorer leur compétitivité en répondant à la demande croissante sur le marché de solutions énergétiques durables. De plus, cela leur permet de s'adapter aux tendances émergentes, ce qui est bénéfique pour leur performance globale.

### **SECTION 03 : Le rôle crucial de la Supply Chain dans l'industrie d'Oil & Gaz**

#### **1. La Supply Chain dans le domaine des hydrocarbures**

Selon **John Thomas (Tom) Mentzer**, la **Supply Chain Management (SCM)**, correspond à une approche stratégique visant à coordonner l'ensemble des activités impliquées dans le flux des produits, des matières premières et des informations, depuis le dernier fournisseur jusqu'au client final. Cette approche considère la chaîne d'approvisionnement comme une entité unique, où chaque membre doit appliquer des pratiques cohérentes pour garantir son succès.

La SCM est l'organisation stratégique, la coordination et la supervision d'un ensemble d'activité, des ressources et de relations depuis les fournisseurs des fournisseurs jusqu'aux clients des clients, en gros c'est la totalité des processus d'approvisionnement, de production et de distribution en optimisant les coûts, garantissant la qualité et évitant les risques au maximum, l'objectif principale est de créer de la valeur pour les entreprises.

Plusieurs experts dans le domaine pétrolier ont parlé sur l'importance de la gestion de la chaîne d'approvisionnement dans le secteur des hydrocarbures :

**Werner Paratorius**, président de la division pétrochimique de **BASF**, a affirmé que « La gestion de la chaîne d'approvisionnement est l'épine dorsale d'une entreprise où les coûts logistiques peuvent être supérieurs aux coûts de fabrication »,

Et **Steve Welsh**, directeur général du Collège d'études pétrolières et énergétiques de l'Université d'Oxford, a pu remarquer que la compréhension de la dynamique de la chaîne d'approvisionnement par le secteur pétrolier et pétrochimique est encore en développement.

La supply chain dans le domaine d'Oil & Gaz, comporte plusieurs éléments essentiels pour minimiser les coûts et maximiser les bénéfices comme la gestion de la demande, la distribution efficace des produits pétroliers aux clients, une planification efficace des livraisons, une meilleure gestion de l'entrepôt et la synchronisation des informations tout ça joue un rôle clé. Cependant, il est nécessaire de préciser que l'efficacité réside dans l'implantation d'un processus tout intégré plutôt qu'une approche individuelle.

Pour les délais de livraison, ils sont considérés comme un centre d'inquiétude, fréquemment répartis sur une longue durée. Pour diminuer ces délais et les coûts liés au transport il faut mettre en œuvre des stratégies qui consistent à établir de nouvelles installations de production ou des centres de distribution plus proches des clients. Cependant, il est important d'observer les bénéfices de ces changements, mais en tenant compte des coûts très élevés.<sup>56</sup>

Dans le but de réduire les couts de production et de livraison des produits finis aux consommateurs, les auteurs **Lisitsa** et **Coll** ont souligné l'importance des relations entre les organisations et les parties prenantes tout au long la chaine de l'offre, cet article à met en lumière deux points considérés comme essentielles : la nécessité d'opter pour un système supply chain et les opportunités offertes par ce système.<sup>57</sup>

La supply chain est une approche essentielle pour chaque entreprise pétrolière et gazière :

- Les opérations sont dispersées géographiquement. Pour gérer efficacement l'ensemble du réseau des parties prenantes, il est nécessaire d'intégrer le système de gestion de la chaîne d'approvisionnement (SCM).

---

<sup>56</sup> **HEBERT H.**, « L'industrie pétrolière ne construit pas de nouvelles usines. Étoile quotidienne de l'Arizona », Arizona, publié le 28/07/2004, (consulté le 26/03/2024 à 10 :35).

<sup>57</sup> **HUSSAIN R., ASSAVAPOKEE T., et KHUMAWALA B.**, «Supply chain management in the petroleum industry: challenges and opportunities» International Journal of Global Logistics & Supply Chain Management, 2006, P 90– 97.

- Les prix du pétrole et gaz changent régulièrement, à cause des fluctuations entre l'offre et la demande, les problèmes politiques et économiques aussi, cela demande des stratégies proactives pour affecter les ajustements nécessaires au moment voulu.
- Les activités en amont de forage et production s'effectuent toujours dans des environnements éloignés ce qui nécessite des plans d'urgence en cas de perturbation.
- Au milieu, la chose la plus compliquée c'est les infrastructures tel que les canaux de transport, les bacs de stockages et plus d'autres, ils doivent être très bien étudié, en mettant en place des stratégies et des plans pour surmonter les risques et s'adapter aux changements.

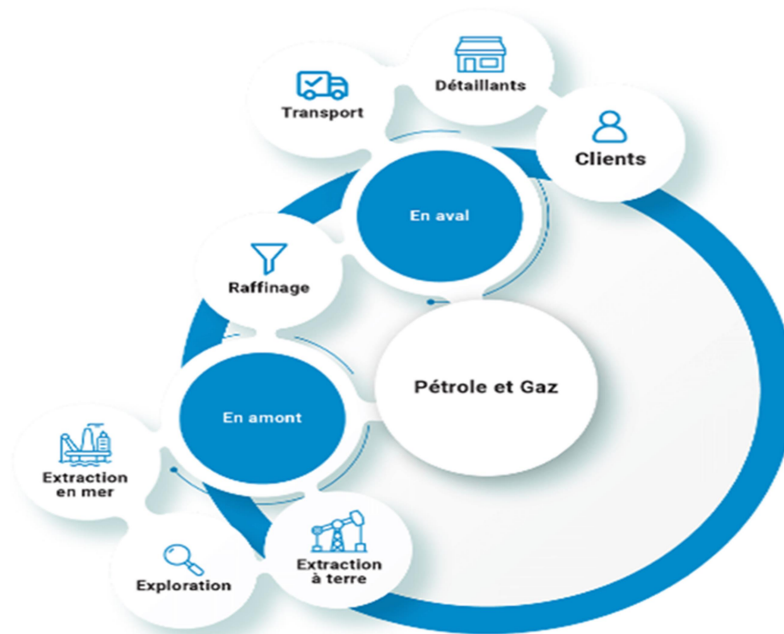
### **2. Etapes clés de la supply chain dans l'Oil & Gaz**

L'industrie des hydrocarbures a une position considérer comme stratégique et importante dans l'économie au niveau mondiale et a un impact énorme. Selon **Daniel Yergin**, dans son livre "Le prix : la quête épique pour l'huile, l'argent et la puissance", « le pétrole a été l'une des forces les plus puissantes de l'histoire humaine. Il a façonné notre histoire à travers des conquêtes, des conflits, des inventions et des progrès ». A partir de cela, on peut déduire que l'industrie pétrolière et gazière influent la société soit géopolitiquement ou en termes d'innovation technologique.

Et la supply chain dans le domaine d'Oil & Gaz est complexe, elle réside dans le maintien et la préservation de la stabilité économique et sociale au niveau mondiale. L'auteur **Daniel Yergin** a met la ligne sur le rôle indispensable tout au long la chaine dans la satisfaction des besoins énergétiques « La supply chain pétrolière est un réseau mondial complexe qui transporte l'énergie vitale qui alimente notre civilisation ».

Grâce à ce système supply chain, qui est caché, il existe des étapes successives et bien organisées à suivre, de l'extraction jusqu'à la livraison finale partout dans le monde. Ce qui va faciliter la compréhension du fonctionnement global, de l'impact du pétrole sur notre économie mondiale et sur notre vie quotidienne.

Figure II.8 : Les étapes de production d'Oil & Gaz



**Source :** « Gestion de la Supply Chain pour le Pétrole et le Gaz », (consulté le 26/03/2024 à 22 :36), <https://www.b2be.com/fr/industries/petrole-et-gaz/>

En se basant sur la figure :

### 2.1.Phase d'exploration

La phase d'exploration consiste à chercher des gisements par des experts, elle est divisée en plusieurs étapes, la première est une analyse géologique approfondie de la région ciblée pour définir les caractéristiques de cette zone et sa structure, après cela il faut faire des études géophysiques afin de réaliser une image représentative.

Il existe trois types des études géophysiques : les techniques magnétiques, gravimétriques et sismique mais la dernière est la plus couramment utilisée, elle est considérée comme simple c'est le fait d'envoyer des ondes magnétiques générées par des vibrations des camions, ces ondes remontent ensuite vers la surface afin d'être détectées par des capteurs et transformées en des données, lesquelles sont ensuite utilisées pour estimer la présence des hydrocarbures.<sup>58</sup>

Une fois l'emplacement des hydrocarbures trouvé, il est nécessaire de créer des puits ce qui est appelé le forage pour prélever des échantillons et les analyser pour confirmer la présence et la quantité du pétrole et gaz disponibles.<sup>59</sup>

<sup>58</sup> MALO M., LEFEBVRE R., COMEAU F., SEJOURNE S., « Synthèse des connaissances portant sur les pratiques actuelles et en développement dans l'industrie pétrolière et gazière », Québec, 2015.

<sup>59</sup> UNEP Technical Publication, «Environmental management in oil and gas exploration and production: an overview of issues and management approaches», London, 1975, P 4.

Après, les résultats obtenus doivent être évalué économiquement en termes de couts, de production et de la rentabilité future, puis commencer l'installation des tubages en acier et du ciment pour protéger le puit avec des entêtes de vanne pour contrôler le débit et la pression. Enfin, il est nécessaire d'obtenir des permis auprès les autorités gouvernementales pour procéder à l'extraction.

### **2.2.Phase d'extraction**

A cette étape les hydrocarbures sont récupérés en suivant des différentes méthodes : <sup>60</sup>

#### **2.2.1. Extraction primaire**

C'est la première méthode qu'il faut suivre, le pétrole et le gaz sont prélevés du réservoir d'une façon naturelle, dans ce cas la pression du réservoir est suffisante pour pousser tous les matériaux vers la surface afin de les récupérer, si le contraire d'autres méthodes peuvent être utilisées.

#### **2.2.2. Extraction secondaire**

Si la récupération primaire est insuffisante pour extraire tous les produits bruts, pour augmenter le taux d'extraction une deuxième méthode est favorable d'être utilisée la première technique est d'injecter de l'eau à haute pression, la deuxième est d'injecter le gaz tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ou de la vapeur.

### **2.3.Raffinage**

Le pétrole brut ne peut pas être utilisé tel quel; il doit subir des transformations en passant par plusieurs étapes de raffinage. Ce processus permet de séparer le brut et d'obtenir des produits intermédiaires tels que le naphta, ainsi que des produits finis destinés à la commercialisation nationale et internationale, tels que l'essence, le gazole et le fioul : <sup>61</sup>

- **La distillation atmosphérique** : Cette activité permet de séparer les produits en jouant avec la température dans une colonne de distillation, les produits les plus légers sont récupérés à des températures basses et les produits les plus lourds sont récupérés à des températures élevés dans la partie inférieure de la colonne.
- **La transformation et l'amélioration de la qualité** : Cette opération est répartie en plusieurs étapes et en fonction de la qualité du produit l'étape la plus correspondante

<sup>60</sup> UNEP Technical Publication, ibid, P 9.

<sup>61</sup> « Pétrole », publié le 12/08/2014, (consulté le 27/03/2024 à 22 :35), <https://www.connaissancedesenergies.org/fichepedagogique/petrole#:~:text=La%20phase%20de%20production%2C%20et,l'exp%C3%A9dition%20vers%20les%20march%C3%A9s.>

est choisie, le craquage permet de transformer les fractions lourdes en produits plus légers, l'hydrotraitement consiste à réduire et retirer les métaux lourds avec de l'hydrogène et un catalyseur à des températures et des pressions élevées et le reformage utilisé pour améliorer l'indice d'octane de l'essence.

- **La fabrication des produits :** A cette étape les différents produits raffinés sont mélangés en respectant des quantités précises et en suivant des contrôles de qualité stricts. Dès la terminaison de cette étape les produits sont transportés vers des bacs de stockage afin d'être expédiés sur marché.

### **2.4. Transport et Distribution**

Le transport des hydrocarbures est un maillon crucial de l'industrie pétrolière et gazière, il permet d'acheminer les produits depuis les champs de production jusqu'aux unités de traitement, de stockage, d'expédition ou d'exportation, les canalisations sont le moyen le plus appropriés pour effectuer l'opération du transport, il existe différents modes de transport des hydrocarbures selon la nature, la quantité, et la distance des produits transporter.<sup>62</sup>

#### **2.4.1. Transport par pipeline**

Il consiste à faire circuler les hydrocarbures sous pression dans des tubes métalliques enterrés ou posés à la surface du sol, c'est le mode de transport le plus économique et le plus sûr pour les grandes quantités de produits sur de longues distances, il existe des pipelines pour le pétrole brut, le gaz naturel, les produits raffinés et le gaz naturel liquéfié. Le réseau mondial de pipelines s'étend sur environ 3,5 millions de kilomètres.

#### **2.4.2. Le transport par navires pétroliers**

Il consiste à charger les hydrocarbures dans des bateaux spécialement conçus pour le transport maritime de produits pétroliers. C'est le mode de transport le plus flexible et le plus adapté pour les échanges internationaux. Il existe différents types de navires pétroliers, selon la capacité de chargement et la nature des produits transportés. Les plus grands sont les supertankers, qui peuvent transporter jusqu'à 2 millions de barils de pétrole brut.

#### **2.4.3. Le transport par voie routière**

Il consiste à utiliser des camions citernes pour transporter les hydrocarbures sur les routes. C'est le mode de transport le plus répandu pour les petites quantités de produits sur de courtes

---

<sup>62</sup> Cours Economie et management d'un réseau de transport des hydrocarbures de l'Institut National des Hydrocarbures (INH), Boumerdes, 2023.

distances. Il permet d'assurer la distribution locale des produits pétroliers aux consommateurs finaux, tels que les stations-service, les industries ou les ménages.

### **2.4.4. Le transport par voie ferroviaire**

Il consiste à utiliser des wagons-citernes pour transporter les hydrocarbures sur les rails. C'est un mode de transport alternatif au transport routier, qui présente l'avantage d'être moins polluant et moins coûteux. Il est surtout utilisé dans les pays où le réseau ferroviaire est bien développé, comme aux États-Unis ou en Russie.

## **3. Optimisation de la Supply Chain d'Oil & Gas**

Pour optimiser la chaîne logistique d'une entreprise pétrolière et gazière il est recommandé d'opter pour différentes stratégies :<sup>63</sup>

### **3.1. Adopter les technologies numériques**

Les technologies numériques peuvent aider les sociétés pétrolières et gazières à optimiser les performances de leur chaîne d'approvisionnement avec une visibilité en temps réel, une prise de décision basée sur les données et l'automatisation des processus. Par exemple, le cloud computing, l'Internet des objets, l'intelligence artificielle et la blockchain facilitent le partage de données, la collaboration et le suivi à travers le réseau de la chaîne d'approvisionnement, ainsi que fournir des informations et des recommandations pour la prévision de la demande, la gestion des stocks, la planification logistique et réduction des risques. Ces technologies peuvent améliorer la fiabilité, la qualité et la sécurité des opérations de la chaîne d'approvisionnement en réduisant les erreurs humaines, en détectant les anomalies et en renforçant la sécurité.

### **3.2. Mettre en œuvre les principes du Lean**

Les principes Lean reposent sur l'idée d'éliminer le gaspillage et de maximiser la valeur dans la chaîne d'approvisionnement. Ils peuvent aider les sociétés pétrolières et gazières à améliorer la gestion de leur chaîne en rationalisant les processus, réduisant les coûts et augmentant la satisfaction des clients tout ça par l'élimination des activités sans valeur ajoutée, telles que la surproduction, les stocks excédentaires, les temps d'attente, le transport

---

<sup>63</sup> « Quels sont les moyens d'améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement pétrolière et gazière ? », (consulté le 27/03/2024 à 23 :56), <https://www.linkedin.com/advice/3/what-some-ways-improve-oil-gas-supply-chain-management-pte9f?lang=fr&originalSubdomain=fr>

inutile et plus, effectuer des contrôles de qualité pour une amélioration continue, ainsi qu'à favoriser une culture de collaboration et d'innovation.

### **3.3.Intégrer des pratiques de durabilité**

Les pratiques durables sont non seulement importantes pour la responsabilité environnementale et sociale, mais également pour améliorer les performances et la résilience de la supply chain pétrolière et gazière. Ils peuvent aider à réduire leur empreinte carbone, à se conformer aux réglementations et à répondre aux attentes des clients. A titre exemple, les pratiques de développement durable peuvent aider l'industrie à adopter des sources d'énergie plus propres et plus efficaces, telles que les énergies renouvelables, le gaz naturel et l'hydrogène, ainsi qu'à mettre en œuvre des techniques améliorées de récupération du pétrole, telles que le captage et le stockage du carbone, pour accroître la récupération et réduire les émissions et améliorer leur gestion des déchets.

### **3.4.Développer des partenariats stratégiques**

Les partenariats stratégiques sont essentiels, ils aident les organisations à accéder à de nouveaux marchés, technologies et opportunités, ainsi qu'à partager les risques, les coûts et les avantages avec leurs partenaires, créer des solutions à valeur ajoutée, telles que des offres de services intégrées, des coentreprises et des alliances, qui peuvent les différencier de leurs concurrents.

### **3.5.Aligner la stratégie de la chaîne d'approvisionnement avec les objectifs commerciaux**

Cette méthode vise à aligner les stratégies de chaîne d'approvisionnement sur les buts et les objectifs commerciaux globaux afin d'obtenir un avantage concurrentiel, ajouté de la valeur aux entreprises et satisfaire le marché.

### **CONCLUSION**

En conclusion, dans ce chapitre nous avons entamé les fondamentaux de la supply chain, des généralités sur l'industrie pétrolière et gazière sans oublier l'importance crucial de la supply chain dans le domaine des hydrocarbures.

Nous avons examiné toutes les étapes du processus de fabrication des hydrocarbures dès l'exploration à la distribution finale en soulignant l'importance de chaque étape pour une meilleure chaîne logistique, le rôle de cette industrie économiquement, son impact sur nos vies quotidiennes et comment optimiser toute la chaîne pour une visibilité accrue.

En résumé, ce chapitre nous permis de mieux comprendre la relation entre les deux piliers stratégiques.

### **CHAPITRE III :**

## **L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

## **INTRODUCTION**

Les avancées technologiques transforment de manière significative la gestion des chaînes d'approvisionnement, offrant des opportunités sans précédent pour améliorer l'efficacité opérationnelle et la transparence dans divers secteurs industriels. L'émergence de l'Internet Industriel des Objets (IIoT) et du Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS) représente une évolution majeure dans cette transformation numérique, offrant de nouvelles perspectives pour l'optimisation des activités logistiques dans l'industrie des hydrocarbures.

L'IIoT permet une connectivité accrue entre les équipements industriels, les machines et les systèmes de gestion, facilitant la collecte en temps réel de données cruciales sur les performances opérationnelles et la maintenance prédictive. En parallèle, le PIMS assure la fiabilité et la sécurité des pipelines, garantissant une distribution efficace et sécurisée des hydrocarbures tout au long de la chaîne logistique.

Dans ce chapitre, nous explorerons en profondeur le potentiel de l'IIoT et du PIMS pour l'optimisation de la supply chain dans l'industrie des hydrocarbures. Nous examinerons comment ces technologies émergentes peuvent être intégrées de manière stratégique pour améliorer la visibilité, la traçabilité et la gestion des actifs tout au long du processus logistique. De plus, nous aborderons les défis pratiques à surmonter et proposerons des recommandations pour une mise en œuvre réussie de l'IIoT et du PIMS, afin de maximiser les avantages de cette révolution numérique dans le domaine de l'énergie.

# CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

## SECTION 01 : Exploration des fondamentaux de l'Internet des Objets

### 1- Introduction à l'Internet des Objets

Le terme Internet des Objets (IdO) en anglais *The Internet of Things (IoT)*, c'est l'ensemble des objets connectés à un réseau internet et sert à partager les informations, il n'existe pas une définition standard et unifiée mais plusieurs.

Le Cluster des projets européens de la recherche sur l'Internet des Objets a défini le terme l'Internet des objets comme suit « *une infrastructure dynamique d'un réseau global. Ce réseau global a des capacités d'auto configurations basées sur des standards et des protocoles de communication interopérables. Dans ce réseau, les objets physiques et virtuels ont des identités, des attributs physiques, des personnalités virtuelles et des interfaces intelligentes, et ils sont intégrés au réseau d'une façon transparente.* »<sup>64</sup>

L'Internet des objets (IoT) fait référence à des appareils dont les capacités de communication et de calcul sont souvent limitées, et qui sont désormais de plus en plus souvent connectés à Internet, ainsi qu'à divers services construits sur les capacités fournies conjointement par ces appareils. On s'attend à ce que ce développement ouvre la voie à davantage de communications de machine à machine utilisant Internet sans implication active d'utilisateur humain.<sup>65</sup>

L'IoT est un réseau de réseaux de points finaux (ou « objets ») identifiables de manière unique qui communiquent sans interaction humaine à l'aide de la connectivité IP, que ce soit localement ou globalement. L'IoT donne un sens au concept de connectivité omniprésente pour les entreprises, les gouvernements et les consommateurs grâce à sa gestion, sa surveillance et ses analyses innées. Avec des points de terminaison identifiables de manière unique intégrés dans les réseaux, des données opérationnelles et de localisation, ainsi que d'autres données similaires, elles sont gérées et surveillées par le système intégré intelligent ou traditionnel qui a été amélioré et intégré aux solutions et applications IoT pour les entreprises, les gouvernements et consommateurs. L'IoT est composé de solutions connectées basées sur la technologie qui permettent aux entreprises et aux gouvernements d'obtenir des

<sup>64</sup>SUNDMAEKER, H. et autres, «Vision and challenges for Realising the Internet of Things», Luxembourg, 03/2010, P 41.

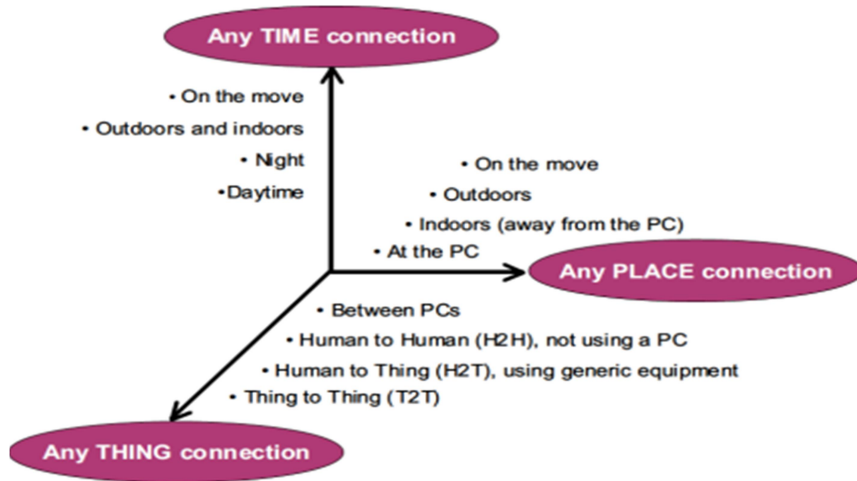
<sup>65</sup>Internet Engineering Task Force (IETF), « The Internet of Things », (consulté le 03/04/2024 à 11:35), <https://www.ietf.org/topics/iot/>

### CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CAHIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

informations qui les aident à transformer la façon dont ils interagissent avec les clients, fournissent des produits/services et gèrent leurs opérations.<sup>66</sup>

L'IoT est une suite de technologies et d'applications qui équipent les appareils et les emplacements pour générer toutes sortes d'informations et pour connecter ces appareils et ces emplacements pour une analyse instantanée des données et, idéalement, une action « intelligente ». Conceptuellement, l'IoT implique que des objets physiques soient capables d'utiliser le réseau fédérateur d'Internet pour communiquer des données sur leur état, leur position ou d'autres attributs.<sup>67</sup>

Figure III.9 : Une nouvelle dimension pour L'internet des Objets



**Source :** CHALLAL, Y., et autres, « “Securing Distance Vector Routing Protocols for Hybrid Wireless Mesh Networks », Université de Technologie de Compiègne, 2012.

Selon la figure cette vision de l'Internet des objets introduira une nouvelle dimension aux technologies de l'information et de la communication : en plus des deux dimensions temporelle et spatiale qui permettent aux personnes de se connecter de n'importe où à n'importe quel moment, nous aurons une nouvelle dimension « objet » qui leur permettra de se connecter à n'importe quel objet.

L'Internet des Objets (IdO) est un réseau global d'objets physiques et virtuels connectés à Internet, partageant des informations via des systèmes. Ces objets, ayant des capacités de

<sup>66</sup> LUND,D., et autres, « Worldwide and Regional Internet of Things (IoT) 2014–2020 Forecast: A Virtuous Circle of Proven Value and Demand , USA, (consulté le 03/04/2024 à 12:03), [https://branden.biz/wp-content/uploads/2017/06/IoT-worldwide\\_regional\\_2014-2020-forecast.pdf](https://branden.biz/wp-content/uploads/2017/06/IoT-worldwide_regional_2014-2020-forecast.pdf)

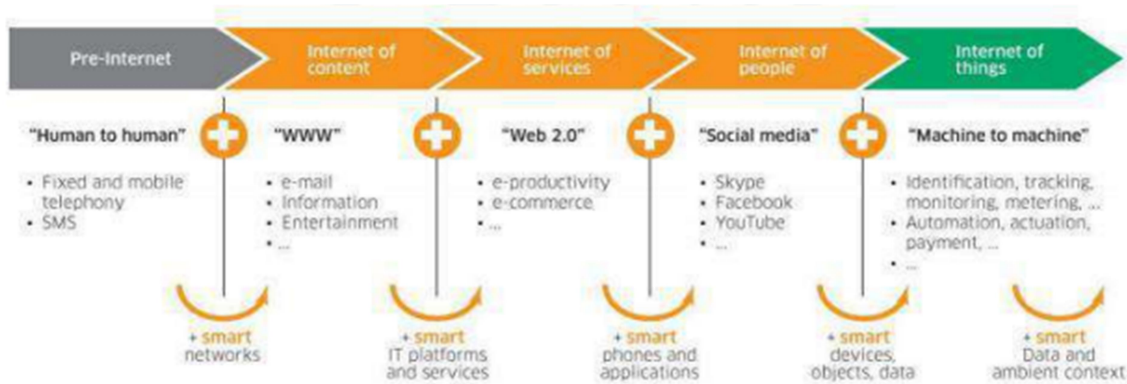
<sup>67</sup> KEJRIWAL,S., MAHAJAN,S., « Smart buildings: How IoT technology aims to add value for real estate companies», publié le 20/04/2016, (consulté le 03/04/2024 à 22:55), <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/internet-of-things/iot-commercial-real-estate-intelligent-building-systems.html>

## CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

communication et interagissent entre eux sans intervention humaine directe. L'IdO offre une connectivité omniprésente qui permet aux personnes de gérer, surveiller et analyser des données opérationnelles pour prendre des décisions éclairées.

### 3. Evolution de l'internet

Figure III.10 : Evolution de l'Internet



**Source :** « Comment Internet est évolué ? », (consulté le 04/04/2024 à 09:15), <https://nicolas-mercadi.eu/comment-internet-a-evolue/>

La figure montre l'évolution d'Internet en cinq étapes distinctes, chacune représente une avancée majeure :

#### 3.1. Pré-Internet (avant 1993)

Cette étape concerne la communication personne à personne via des réseaux commutés et des services en ligne tels comme le téléphone fixe et mobile c'était la technologie dominante à cette époque.

#### 3.2. Internet du contenu (1993 - 2005)

Connu sous le nom « www » du World Wide Web, cette étape consiste la diffusion des informations est associée aux plateformes et services informatiques, cela signifie que l'internet est devenu une plateforme pour le partage des informations.

#### 3.3. Internet des services (2005 - 2010)

Appelée Web 2.0 concerne l'apparition de l'e-productivité et du commerce électronique cela signifie que l'internet a commencé à offrir des services en ligne différents accessibles via des smartphones.

### CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

#### 3.4. Internet des personnes (2010 - 2020)

Cette étape est caractérisée par le développement des applications mobiles et de l'Internet mobile, cela veut dire que l'internet a commencé à faciliter la communication et l'interaction entre les personnes.

#### 3.5. Internet des objets (depuis 2020)

La dernière étape appelée machine to machine comprend le suivi, la surveillance, la mesure, l'automatisation, cela signifie que l'internet a évolué pour une facile communication et interaction entre les objets, c'est l'émergence de l'internet des objets (IoT).

#### 4. Fonctionnement de L'Internet des Objets

Voici comment fonctionne généralement la technologie des IoT :<sup>68</sup>

L'Internet des Objets agit essentiellement avec des senseurs et objets connectés placés au sein d'infrastructures. L'émission de données par les capteurs va être transmise par un réseau sans fil sur des plateformes cloud, qui va permettre de stocker davantage de data et de les sauvegarder. Par conséquent, elles peuvent être analysées et enrichies pour en tirer pleinement parti. Ces plateformes de gestion et de visualisation de données sont de nouvelles solutions IoT qui permettent aux régions, aux entreprises et même aux utilisateurs d'analyser et traiter les données avec des logiciels et de tirer des conclusions afin qu'ils puissent s'adapter aux pratiques et comportements. L'Internet des Objets a pour mission de capturer et d'envoyer des données en utilisant des capteurs connectés à l'Internet ou d'autres technologies. Ces capteurs ont plusieurs tâches de mesure : température, vitesse, humidité, vibration et bien plus d'autres qui aident à prendre des décisions correctes. Dans l'Internet des Objets, les objets peuvent être des véhicules, des machines industrielles, ou encore des systèmes de gestion de places de parking.

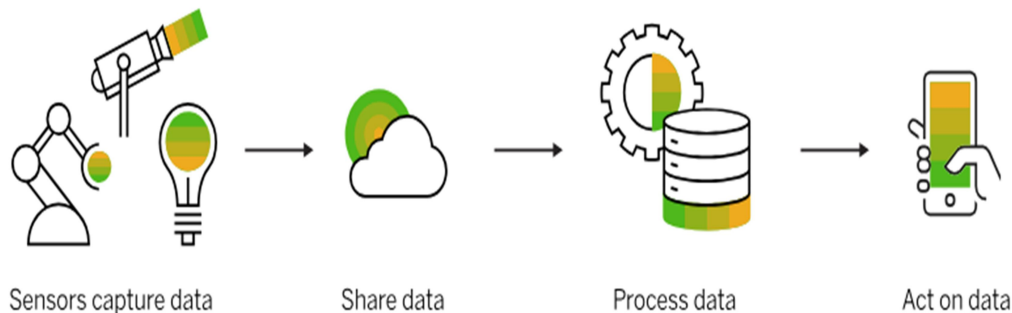
---

<sup>68</sup> « L'Internet des Objets », (consulté le 04/04/2024 à 10 :46), <https://www.talend.com/fr/resources/iot-definition/>

## CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

Les appareils connectés pilotables à distance possèdent leur propre carte d'identité qui les rend exclusivement identifiables. Elle s'apparente dans la plupart des cas à une adresse IP, ce qui va permettre de trouver cet objet et de lui donner des instructions à partir d'une machine, qu'il s'agisse d'un ordinateur ou d'un téléphone portable. Ensuite, les instructions adressées circulent jusqu'à l'objet en question en passant par un canal de communication, que ce soit par le Wi-Fi ou le Bluetooth par exemple.

*Figure III.11 : Etapes de fonctionnement de l'Internet des Objets*



**Source :** « Qu'est-ce que l'IoT et comment fonctionne-t-il ? », (consulté le 04/04/2024 à 10:40), [https://www.sap.com/suisse/products/artificial-intelligence/what-is-iiot.html#:~:text=Qu'est%20ce%20que%20l'Internet%20des%20objets%20\(.et%20avec%20d'autres%20syst%C3%A8mes.](https://www.sap.com/suisse/products/artificial-intelligence/what-is-iiot.html#:~:text=Qu'est%20ce%20que%20l'Internet%20des%20objets%20(.et%20avec%20d'autres%20syst%C3%A8mes.)

### 5. Composants de L'Internet des Objets

Les composants de l'IoT sont cinq. Le but de ces objets est de collecter des données de capteurs, traiter ces données et les transmettre à travers un réseau, ils peuvent recevoir des instructions pour faire des actions. Généralement ces fonctions de l'objet connecté nécessitent une source d'énergie, surtout quand les données sont prétraitées directement dans l'objet : <sup>69</sup>

#### 5.1. Capteurs et actionneurs

Ils sont au centre de l'ensemble du réseau IoT. Les capteurs sont connectés aux actifs sous la forme d'un micro-appareil physique, intégré à un dispositif IoT. Ces capteurs sont chargés de collecter et de rassembler des données afin d'envoyer des signaux ou des commandes à l'actionneur. L'actionneur répond alors au signal ou à la commande et "agit" de tel sorte que quelque chose se produise en fonction de ce signal.

<sup>69</sup> « Qu'est-ce qu'un écosystème IoT? (5 composants importants) », (consulté le 04/04/2024 à 13:35) <https://telecoms.adaptit.tech/fr/blog/what-is-an-iiot-ecosystem/>

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

### **5.2.Connectivité**

Elle est généralement connue sous le nom de couche de réseau. Elle explique comment les données sont transférées et traitées pour assurer une communication transparente entre les appareils connectés, les capteurs, le cloud et les actionneurs. Pour que cela fonctionne efficacement, ces éléments doivent être interconnectés afin de comprendre les données et de répondre par une action appropriée. C'est là que les protocoles IoT et les passerelles IoT entrent en jeu. Les protocoles IoT fournissent un moyen de transport pour les données collectées par les capteurs. Les données passent ensuite par une passerelle IoT qui collecte et traduit les données reçues à travers les protocoles.

### **5.3.IoT Cloud**

Une fois que les données ont traversé les protocoles et la passerelle IoT, elles se dirigent vers le cloud. Le cloud est un écosystème de calcul et de stockage haut performance qui est utilisé pour le traitement et le stockage des données et qui rassemble tous les différents composants d'IoT. Dans le cloud, les données sont filtrées, gérées et stockées. Les données sont ensuite utilisées pour fournir des analyses en temps réel afin de prendre rapidement des décisions sur les mesures à prendre en fonction des données collectées et des signaux reçus.

### **5.4.Analyse de IoT et gestion des données**

Elle permet de donner un sens aux grandes quantités de données traitées. La technologie IoT peut convertir toutes les données brutes, collectées et transportées, en analyses de données qui fournissent des informations exploitables et des solutions en temps réel pouvant être utilisées pour une prise de décision efficace.

### **5.5.Appareils et interface**

Il s'agit du composant visible qu'un utilisateur IoT peut utiliser pour contrôler le système et définir ses préférences. Cette interaction s'effectue généralement sur le dispositif lui-même ou à distance via des smartphones, des tablettes et des ordinateurs portables.

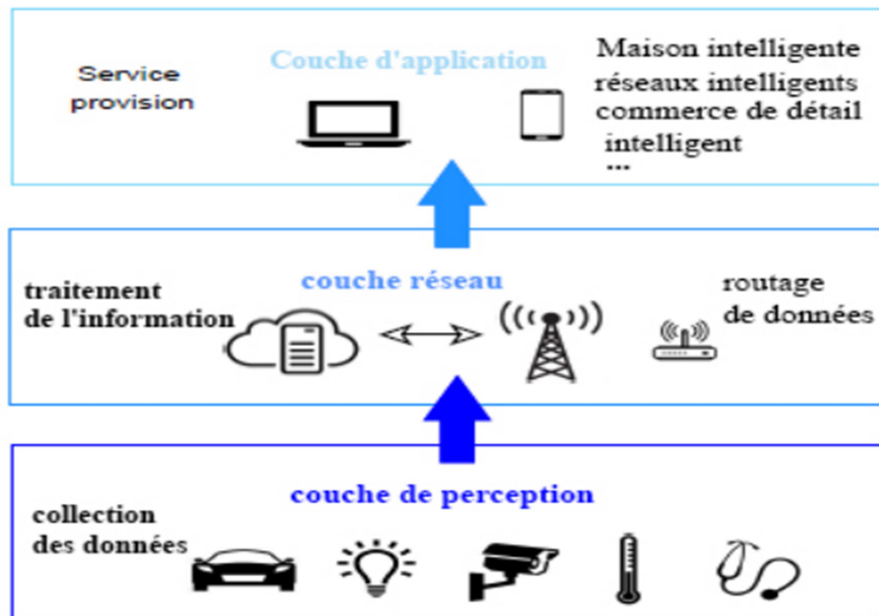
## **6. Architecture de l'Internet des Objets <sup>70</sup>**

L'architecture de l'IoT a trois couches : perception, réseau et application.

---

<sup>70</sup> CHABANI, R., « Implémentation d'un Protocole d'Élection d'un Serveur d'Authentification dans l'Internet des Objets Couche de perception », Jijel, 2021, page 10-14.

Figure III.12 : Architecture de L'Internet des Objets



Source : CHABANI, R., « Implémentation d'un Protocole d'Élection d'un Serveur d'Authentification dans l'Internet des Objets Couche de perception », Jijel, 2021, P 10.

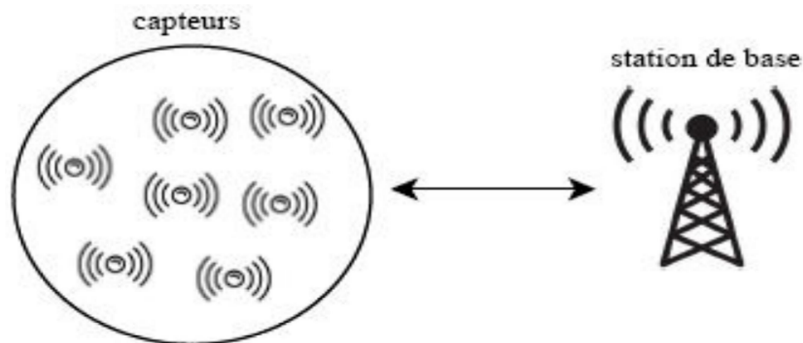
### 6.1.Couche de perception

La première étape de la récolte des informations, comprend différents dispositifs IoT physiques qui interagissent avec l'environnement pour collecter les données tel que les identificateurs de radiofréquence étiquettes RFID et les capteurs. Les RFID sont intégrées à des objets pour les suivre à distance et localiser sans nécessité de contact direct, et les capteurs qui mesurent la température et d'autres. Ces informations collectées sont essentielles pour comprendre ce qui se passe autour des objets puis elles sont exploitées par les ordinateurs pour prendre des décisions intelligentes et faire des actions automatiquement.

#### 6.1.1. Capteurs sans fil

Les capteurs sans fil sont des objets intelligents qui peuvent détecter et communiquer à distance. Ils jouent un rôle très important dans l'Internet des Objets. Un réseau de capteurs sans fil se compose d'un grand nombre de capteurs dans différents endroits éloignés. Chaque capteur est responsable de détecter des choses spécifiques comme la température, l'humidité, les vibrations, etc. Les données détectées sont transmises à une station de base ou une passerelle et rassemblées pour les traiter, analyser et utiliser dans la prise de décision

Figure III.13 : Capteur sans fil



Source : CHABANI, R., op.cit, P 11.

### 6.1.2. Identificateurs par Radio Fréquences Etiquettes

La technologie RFID, est un élément majeur de l'Internet des Objets en raison de son identification, de son suivi et de sa surveillance des objets. Ce système est une petite puce électronique avec deux composants : le transpondeur de signal radio "tag" qui stock une identité unique pour chaque objet d'objet et le lecteur d'étiquettes qui identifie l'objet à travers les ondes radio et transfère cette information à un ordinateur pour suivre et surveiller l'objet.

Figure III.14 : Les systèmes RFID



Source : CHABANI, R., op.cit, P 11.

### 6.2. Couche réseau

Le rôle de la couche réseau au sein de l'Internet des Objets (IdO) est essentiel pour l'acheminement et le traitement des informations obtenues par la couche de perception, et les transmettre à la couche application pour qu'elles puissent être efficacement exploitées. Elle sert à connecter entre les appareils de l'IdO aux systèmes informatiques qui gèrent ces informations telles que le WiFi, Bluetooth, 5G, Satellite.

### **6.3. Couche application**

La couche application dans l'Internet des Objets (IdO) transforme les données brutes reçues de la couche réseau en services utiles pour les utilisateurs IdO. Cette couche offre une gamme de services adaptés aux besoins des utilisateurs IdO. Par exemple, dans une maison intelligente, elle peut contrôler les appareils électroménagers, ajuster la température, surveiller la sécurité, etc. Dans le domaine de la vente au détail intelligente, elle peut suivre les stocks, personnaliser les offres pour les clients, etc.

#### **6.3.1. Constrained Application Protocol (CoAP)**

Est un protocole et une conversation rapide où les appareils se demandent des choses et reçoivent des réponses immédiatement pour une communication efficace et fiable entre les serveurs et les appareils, il comporte quatre types de message : confirmable, non confirmable, accusé de réception et réinitialisation. Il offre aussi une fonctionnalité appelée « la notification push » qui permet d'envoyer des mises à jour automatiques aux serveurs en cas d'un événement important pour faciliter la communication en temps réel.

#### **6.3.2. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)**

Un protocole de messagerie qui assure la connectivité entre les utilisateurs et les réseaux, ce système est composé de trois éléments : les éditeurs sont les dispositifs qui envoient des données vers le courtier, les courtiers sont des intermédiaires comme un centre de tri des données et les abonnés sont les serveurs qui reçoivent ces données et les traitent ou les analysent afin de prendre des décisions claires basées sur les données.

## **7. Domaine d'application**

L'IoT a pour but d'améliorer la qualité de vie dans tous les domaines, c'est une force transformative, nous plongerons dans divers secteurs d'application :<sup>71</sup>

### **7.1. Fabrication**

Les industriels peuvent bénéficier d'un avantage concurrentiel grâce à la surveillance des chaînes de production, afin de mettre en place une maintenance proactive des équipements sur lesquels les capteurs détectent une défaillance imminente. Les capteurs peuvent déterminer le moment où la production sera compromise. À l'aide des alertes émises par les

---

<sup>71</sup> 'Qu'est-ce que l'IoT?', (consulté le 05/04/2024 à 02:20), <https://www.oracle.com/dz/internet-of-things/whatisiot/#:~:text=Qu'est%2Dce%20que%20l'IoT%20%3F,%C3%A9changer%20des%20donn%C3%A9es%20avec%20eux.>

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

capteurs, les industriels peuvent rapidement s'assurer de la précision du matériel ou le retirer de la production jusqu'à sa réparation. Les entreprises peuvent ainsi réduire leurs coûts d'exploitation, améliorer les temps de bon fonctionnement et mieux gérer les performances des actifs.

### **7.2. Automobile**

L'industrie automobile pourra bénéficier d'avantages considérables en utilisant des applications IoT. Au-delà des avantages obtenus par l'application de l'IoT aux chaînes de production, des capteurs peuvent détecter l'imminence de pannes sur des véhicules déjà en circulation, ainsi qu'alerter le conducteur en lui fournissant des détails et des recommandations. Grâce aux informations agrégées collectées par des applications reposant sur l'IoT, les constructeurs et équipementiers automobiles peuvent être informés sur le bon fonctionnement des voitures et alerter les propriétaires.

### **7.3. Transport et logistique**

Les systèmes de transport et de logistique bénéficient d'une grande diversité d'applications IoT. Les parcs de voitures, camions, navires et trains qui transportent du stock peuvent être réacheminés en fonction des conditions météo, ou encore de la disponibilité des véhicules ou des chauffeurs grâce aux données issues des capteurs IoT. Les secteurs agro-alimentaire, floral et de l'industrie pharmaceutique transportent souvent un stock sensible aux variations de températures. Ceux-ci bénéficieraient largement d'applications IoT de contrôle qui envoient des alertes lorsque les températures augmentent ou baissent à un niveau dangereux pour le produit.

### **7.4. Grande distribution**

Les applications IoT permettent aux entreprises de la grande distribution de gérer leurs stocks, d'améliorer l'expérience client, d'optimiser la supply chain et de réduire les coûts d'exploitation. Par exemple, des rayons intelligents pourvus de capteurs de poids peuvent collecter des informations par radio-identification (RFID) et envoyer les données à la plateforme IoT pour surveiller automatiquement les stocks et déclencher des alertes si la quantité d'articles commence à baisser.

### **7.5. Secteur public**

Les avantages de l'IoT dans le secteur public et les autres environnements de service sont tout aussi vastes. Par exemple, certains services publics peuvent utiliser des applications IoT pour

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

avertir leurs utilisateurs de pannes à grande échelle, voire de coupures plus brèves d'eau, d'électricité ou des services d'assainissement. Les applications IoT peuvent collecter des données relatives à la portée d'une panne et déployer des ressources pour aider les services publics à récupérer plus rapidement suite aux défaillances.

### **7.6.Santé**

La surveillance des actifs par IoT offre de nombreux avantages au secteur de la santé. Médecins, infirmières et aides-soignants doivent souvent connaître la localisation exacte des actifs d'assistance aux patients, tels que les fauteuils roulants. Lorsqu'un fauteuil roulant d'hôpital est équipé de capteurs IoT, il peut être suivi à partir de l'application de surveillance, de telle sorte qu'un soignant qui en a besoin peut rapidement trouver le fauteuil roulant disponible le plus proche.

### **7.7.Sécurité générale à l'échelle de tous les secteurs d'activité**

L'IoT peut être utilisé pour renforcer la sécurité des collaborateurs, qui travaillent dans des environnements dangereux, tels que les mines, les puits de pétrole ou de gaz, et les usines chimiques ou les centrales électriques pour les informer sur les événements dangereux et les accidents.

## **SECTION 02 : l'Internet Industriel des Objets dans l'industrie pétrolière et gazière : vers une Supply Chain innovante et efficace**

### **1. Industrial Internet of Things (IIoT)**

L'Internet of Things industriel (IIoT) désigne l'application de la technologie IoT dans un cadre industriel, elle est utilisée dans la surveillance et le contrôle des équipements via ces capteurs et dispositifs connectés à des solutions cloud dans le but de collecter, analyser, traiter et stocker. Ces capteurs permettent de surveiller en temps réel l'état des équipements, détecter les pannes et planifier la maintenance d'une façon proactive ce qui va permettre aux entreprises d'optimiser les processus de production, de réduire les temps d'arrêt et améliorer la productivité. Depuis peu, les industries utilisent la communication de machine à machine (M2M) pour bénéficier des fonctionnalités d'automatisation et de contrôle sans fil. Cependant, avec l'émergence du cloud et des technologies associées (telles que l'analytique et le machine learning), les industries peuvent accéder à une nouvelle couche d'automatisation, à l'aide de laquelle ils peuvent générer de nouveaux revenus et créer de nouveaux business

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

models. L'IIoT est parfois appelé quatrième vague de la révolution industrielle, ou Industrie 4.0. Elle est couramment utilisée dans plusieurs activités telles que la production intelligente, maintenance préventive et prédictive des actifs, les réseaux électriques intelligents, villes intelligentes, logistique connectée et supply chain digitales intelligentes.<sup>72</sup>

### **2. Industrial IoT dans la Supply chain d'Oil & Gas**

L'impact d'IIoT dans le domaine d'hydrocarbures soit en amont, en aval ou bien au milieu, ces technologies rendent la production plus efficace, c'est un système complet de capteurs à distance, d'apprentissage automatique et de technologie cloud déployé dans toutes les opérations. Les équipements utilisés sont stratégiques, des machines puissantes et coûteuses qui nécessite la surveillance pour une maintenance proactive. Chaque segment de la chaîne d'approvisionnement joue un rôle important dans la garantie de l'efficacité. Il existe de nombreux cas d'utilisation des objets connectés dans ce domaine.<sup>73</sup>

#### **2.1. Maintenance prédictive**

L'intégration de l'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière a révolutionné l'exécution de la maintenance prédictive. En connectant les appareils Internet des objets aux machines, les entreprises peuvent anticiper les besoins de maintenance et planifier les réparations bien avant que les pannes ne surviennent. Cette stratégie proactive évite les temps d'arrêt prolongés et garantit la sécurité des employés. La maintenance prédictive basée sur l'IoT réduit les coûts d'exploitation tout en améliorant la longévité des équipements grâce à des algorithmes intelligents d'apprentissage automatique et à l'analyse des données des capteurs.

#### **2.2. Améliorer la productivité de la main-d'œuvre**

L'IoT comble les écarts de communication entre les employés de terrain et de bureau, améliorant ainsi la sécurité et la productivité. Le déploiement de capteurs, de drones et de robots facilite une collecte de données plus sûre, réduisant ainsi le besoin de personnel sur site.

---

<sup>72</sup> « Qu'est-ce que l'Internet des Objets Industriel (IIoT) ? » (consulté le 05/04/2024 à 10 :40), [https://www.sap.com/france/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html#:~:text=L'IIoT%20fait%20r%C3%A9f%C3%A9rence%20%C3%A0,connect%C3%A9s\)%20dans%20les%20applications%20industrielles.](https://www.sap.com/france/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html#:~:text=L'IIoT%20fait%20r%C3%A9f%C3%A9rence%20%C3%A0,connect%C3%A9s)%20dans%20les%20applications%20industrielles.)

<sup>73</sup> MITROFANSKIE, K., « L'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière : l'avenir des technologies énergétiques », publié le 12/02/2024, (consulté le 05/04/2024 à 13 :21), [https://intellisoft.io/iot-in-oil-and-gas-industry-future-of-energy-technologies/#The\\_Benefits\\_of\\_Leveraging\\_IoT\\_in\\_the\\_Oil\\_and\\_Gas\\_Sector](https://intellisoft.io/iot-in-oil-and-gas-industry-future-of-energy-technologies/#The_Benefits_of_Leveraging_IoT_in_the_Oil_and_Gas_Sector)

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

### **2.3. Rationalisation de la logistique et de la chaîne d'approvisionnement**

L'IoT joue un rôle crucial dans la révolution de la logistique de bout en bout dans l'industrie pétrolière et gazière. Une connectivité améliorée conduit à une meilleure gestion de la demande, au suivi des matériaux et aux opérations logistiques. Grâce à l'IoT, les matériaux et les équipements peuvent être gérés et suivis de manière proactive, réduisant ainsi les coûts et améliorant l'efficacité des sites d'exploration dangereux et difficiles à surveiller.

### **2.4. Atténuation des risques opérationnels et intelligence**

Les gadgets IoT changent la donne dans le domaine du forage, représentant une grande partie des coûts de production de pétrole et de gaz. Ces appareils, associés à des analyses avancées, permettent une meilleure utilisation des ressources. Cette méthode augmente non seulement le rendement, mais réduit également le temps nécessaire aux opérations. De plus, disposer de processus semi-automatisés sur le terrain réduit les risques pour les travailleurs et réduit les coûts liés à la formation du nouveau personnel.

### **2.5. Gestion des stocks en temps réel**

Dans les raffineries, les capteurs IoT jouent un rôle crucial. Ils donnent des détails essentiels sur les types d'huile traités. Ces informations sont essentielles pour faire des choix intelligents en matière de fabrication, suivre les stocks et planifier les opérations globales.

### **2.6. Optimisation de la production grâce à l'IoT**

L'IoT permet aux entreprises de contrôler les processus de production à distance, réduisant ainsi le besoin de travail physique. À mesure que les appareils Internet des objets alimentent davantage de données dans les algorithmes, l'efficacité de la production s'améliore, minimisant le risque d'erreur humaine et améliorant le débit tout en réduisant la consommation d'énergie et les émissions.

### **2.7. Détection avancée des fuites dans les pipelines**

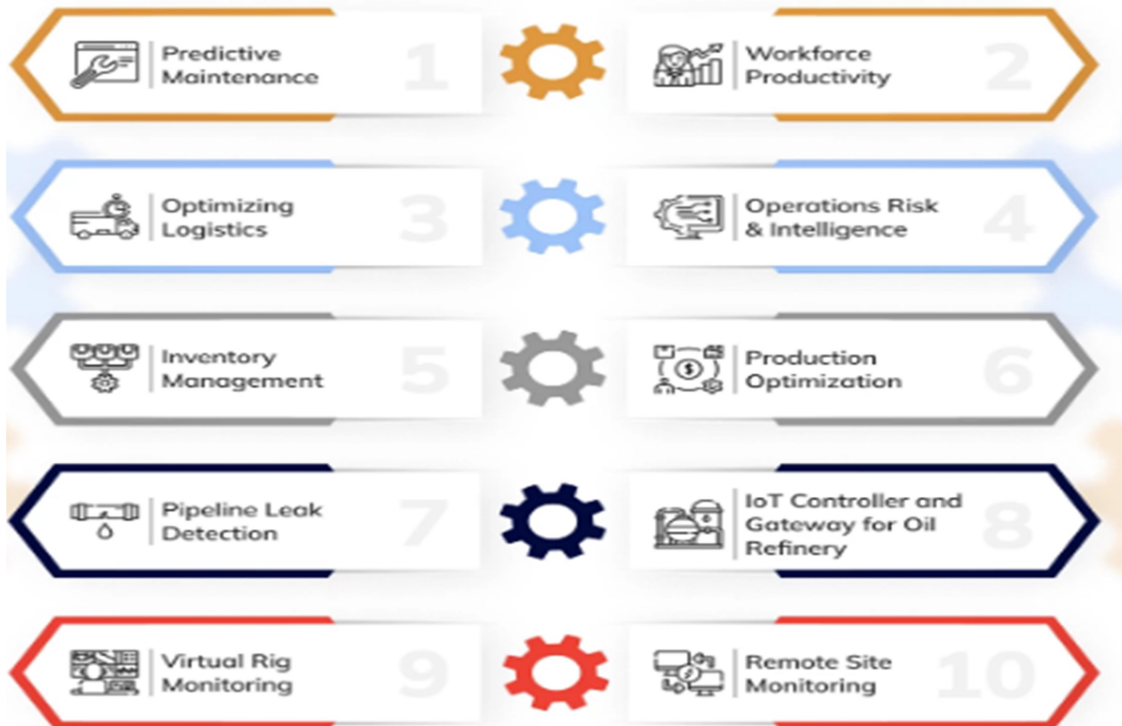
La surveillance de l'état des pipelines est un autre domaine critique dans lequel l'IoT brille, en particulier dans la détection précoce des fuites. Les capteurs surveillent divers facteurs et alertent sur d'éventuelles fuites. La détection précoce est cruciale. Cela contribue à prévenir les dommages à l'environnement et à éviter les pertes de production. Dans ce contexte, l'IoT n'est pas seulement un outil technologique : c'est un garant de l'efficacité et de la sécurité environnementale.

# CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CAHIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

## 2.8. Contrôleurs IoT dans les raffineries

Les raffineries utilisent des contrôleurs et des passerelles Internet des objets pour collecter des données sur les actifs et les équipements. Ces données, allant des mesures du niveau d'huile à la consommation d'énergie, facilitent le suivi des performances et l'identification des écarts dans le processus de raffinage.

Figure III.15 : Cas d'utilisation de l'IIoT dans les Hydrocarbures



Source : MITROFANSKIE, K., « L'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière : l'avenir des technologies énergétiques », publié le 12/02/2024, (consulté le 05/04/2024 à 13 :21), [https://intellisoft.io/iot-in-oil-and-gas-industry-future-of-energytechnologies/#The\\_Benefits\\_of\\_Leveraging\\_IoT\\_in\\_the\\_Oil\\_and\\_Gas\\_Sector](https://intellisoft.io/iot-in-oil-and-gas-industry-future-of-energytechnologies/#The_Benefits_of_Leveraging_IoT_in_the_Oil_and_Gas_Sector)

## 2.9. Surveillance des plates-formes virtuelles

La surveillance des plates-formes virtuelles se concentre sur la surveillance des plates-formes informatiques. Cela peut inclure des centres de données, des serveurs cloud, des réseaux informatiques, des applications en ligne et cela vise à garantir leur bon fonctionnement, leur disponibilité, leur performance et leur sécurité.

# CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CAHIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

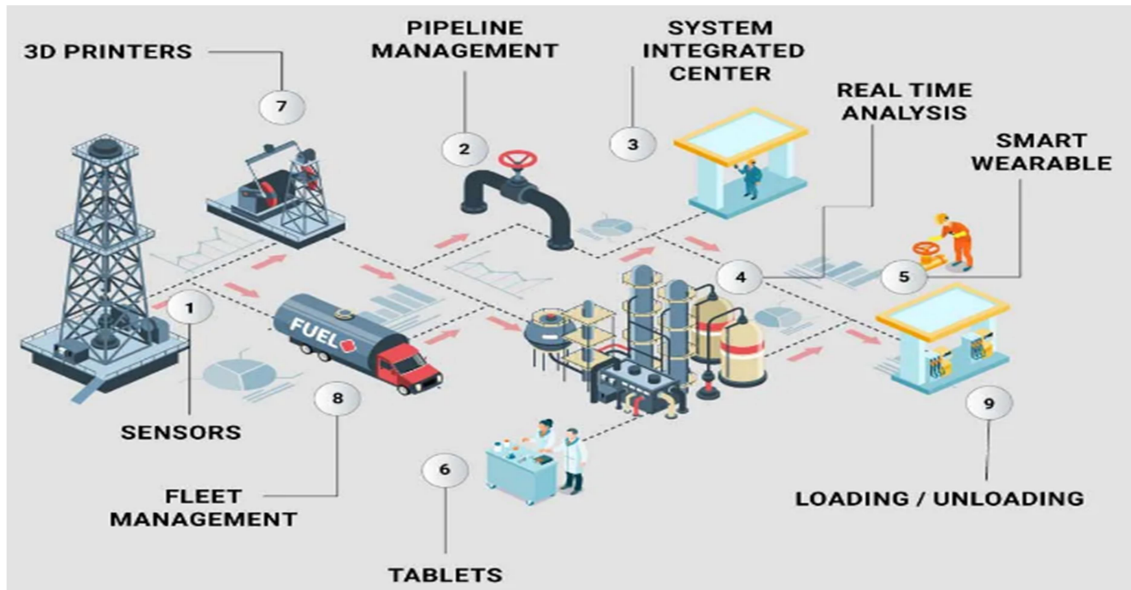
## 2.10. Surveillance de site à distance

L'IoT permet la surveillance à distance de la production pétrolière et gazière en amont, permettant aux équipes de maintenance d'être plus proactives et d'améliorer la sécurité des travailleurs en réduisant l'exposition aux environnements dangereux.

### 3. Architecture de l'IoT dans le pétrole et gaz

L'IoT a le potentiel de transformer l'industrie pétrolière et gazière pour une meilleure prise de décision, une optimisation des processus et une réduction des coûts. En mettant en place une architecture IoT complète et intégrée, les organisations peuvent tirer parti de cette technologie pour améliorer leur performance et leur compétitivité : <sup>74</sup>

*Figure III.16 : Structure des technologies IoT dans l'industrie pétrolière et gazière*



**Source :** « Comment l'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière définit l'avenir de l'énergie », publié le 23/06/2023, (consulté le 05/04/2024 à 14 :55), <https://www.rishabhsoft.com/blog/iot-in-oil-and-gas-industry>

### 3.1. Capteurs

Les technologies IoT contribuent à jouer un rôle crucial dans la collecte de données telles que le débit, la température et la pression. Ils sont connectés aux réseaux sans fil via des passerelles sur le site. Et une fois connectés, les ingénieurs de terrain peuvent accéder à ces données via des smartphones et des tablettes à des fins d'analyse.

<sup>74</sup> « Comment l'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière définit l'avenir de l'énergie », publié le 23/06/2023, (consulté le 05/04/2024 à 14 :55), <https://www.rishabhsoft.com/blog/iot-in-oil-and-gas-industry>

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

### **3.2. Gestion des pipelines**

C'est encore un autre aspect critique de l'industrie. Les rapports de l'industrie estiment les pertes dues aux fuites de carburant à environ 10 milliards de dollars. Par conséquent, la nécessité d'optimiser les tracés des pipelines est devenue évidente. Une solution dédiée contribuerait à réduire les temps d'arrêt et à permettre une maintenance planifiée.

### **3.3. Centres d'intégration de systèmes**

Ils se sont révélés essentiels pour l'intégration des plates-formes IoT dans les processus métier de base. Ils reçoivent des données de divers appareils et peuvent envoyer des alertes pour une action immédiate après une analyse rapide.

### **3.4. Analyse en temps réel**

Elle est considérée comme cruciale lorsqu'il s'agit de données complexes. Par conséquent, l'analyse prédictive permet un suivi temporel précis des données tout en alertant les ingénieurs de tout changement dans le comportement des équipements. Et sur la base des alertes opportunes, les ingénieurs peuvent effectuer les ajustements nécessaires pour éviter les pannes ou les perturbations.

### **3.5. Utilisation d'appareils intelligents**

Les travailleurs du secteur pétrolier et gazier utilisent des outils IoT, tels que des tablettes et des appareils portables intelligents, pour accéder et surveiller les systèmes à distance. Ils offrent des informations en temps réel et facilitent l'analyse des données sur n'importe quel emplacement tout en améliorant l'efficacité opérationnelle.

### **3.6. Impression 3D**

L'adoption de la technologie d'impression 3D pour l'industrie pétrolière et gazière a été lente. Pourtant, cette solution s'avère toujours précieuse, car l'ingénierie inverse joue un rôle important dans la mesure de la forme et de la taille de chaque outil.

### **3.7. Gestion et utilisation des actifs**

Le chargement et le déchargement des camions sont également essentiels à une utilisation efficace des actifs dans le secteur du transport et de la logistique. Les solutions IoT permettent de surveiller en temps réel les processus de chargement et de déchargement tout en garantissant le respect des réglementations visant à maximiser le potentiel de profit.

### **3.8. Gestion de flotte**

Il est intéressant de noter que la gestion de flotte a considérablement bénéficié de la technologie IoT. L'installation de capteurs tout-terrain dans les véhicules permet de suivre la localisation et l'état de santé en temps réel. Les systèmes de flotte intelligents contribuent à accroître l'efficacité et à réduire les incidents de circulation. Et, même si les capteurs surveillent les données provenant de plusieurs emplacements, ils permettent de réduire les risques.

#### **4. Les avantages des IIoT dans la production du pétrole et gaz**

Les avantages de l'emplacement des IIoT dans l'industrie pétrolière sont :<sup>75</sup>

- **Améliorer l'efficacité opérationnelle** : Les systèmes IoT aident à prendre des décisions intelligentes en matière de ressources et à repérer les tendances. Cette approche conduit à des opérations plus fluides et à une réduction des coûts de maintenance.
- **Optimiser la gestion des stocks** : La technologie IoT révolutionne la gestion des stocks dans le secteur pétrolier et gazier en fournissant un suivi plus précis et en temps réel des stocks pétroliers. Les gestionnaires peuvent définir des priorités et des seuils pour leurs inventaires, et recevoir des notifications instantanées lorsqu'une action est nécessaire.
- **Rationalisation de la gestion des entrepôts** : Le déploiement de capteurs et de dispositifs IoT dans les opérations industrielles permet aux entreprises de recueillir des données pertinentes, améliorant ainsi leur compréhension de la manière de maximiser les avantages commerciaux et opérationnels. Avec des machines de plus en plus équipées de capteurs, l'analyse des données devient plus sophistiquée, permettant aux sociétés de réduire leurs coûts d'investissement.
- **ROI et amélioration des revenus** : Les investissements dans ces technologies ont donné des résultats fructueux en termes d'amélioration des résultats et de la productivité. Par exemple, dans l'extraction de gaz de schiste, les données de surveillance sismique basées sur l'IoT permettent aux opérateurs d'ajuster les processus de forage et de fracturation hydraulique pour une meilleure efficacité. Les capteurs installés dans les plates-formes de forage fournissent un flux continu de données, informant les opérateurs sur les performances des plates-formes.

---

<sup>75</sup> MITROFANSKIY, K., « L'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière : l'avenir des technologies énergétiques », op.cit.

### CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

- **Surveillance en temps réel pour une meilleure prise de décision :** La production pétrolière et gazière offshore, connue pour sa complexité et ses risques, bénéficie considérablement des capacités de surveillance en temps réel de l'IoT. Les appareils permettent d'avoir une image à jour et précise de la production en cours, réduisant ainsi le risque de défaillance des actifs et le temps d'arrêt coûteux. Cette capacité de surveillance accrue est cruciale pour prévenir les dommages environnementaux et garantir la sécurité des travailleurs, préservant ainsi la crédibilité de l'entreprise.
- **Élimination des erreurs de mesure manuelle :** L'IoT automatise les processus, réduit le besoin de travail manuel et le risque d'erreurs associé. Les machines automatisées et semi-automatiques prennent en charge des tâches telles que le forage, l'inspection et la maintenance dans des environnements à haut risque. Ces machines contrôlent et partagent des données avec des centres de contrôle, souvent gérés à distance, améliorant ainsi l'efficacité et réduisant les marges d'erreur.
- **Réduire les risques pour la sécurité :** Les technologies de détection de l'IoT jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la sécurité des travailleurs. L'inclusion d'outils et de solutions basés sur l'IoT permet une surveillance à distance dans les zones sujettes aux catastrophes, afin de détecter les défis potentiels et contribuer à atténuer les risques.

#### 5. Défis et recommandations de l'IIoT dans le secteur des hydrocarbures

L'Internet des objets (IoT) a le potentiel de développer l'industrie pétrolière et gazière en fournissant des informations en temps réel, en améliorant l'efficacité opérationnelle et en réduisant les coûts. Mais, cela pose une liste des défis qu'il faut les surmonter pour plus d'efficacité :<sup>76</sup>

- **Sécurité et confidentialité des données :** Les technologies IoT génèrent de grandes quantités de données sensibles, ce qui peut poser des cyberattaques. Assurer la sécurité et la confidentialité de ces données est une préoccupation majeure, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures de sécurité ou cyber sécurité comme le cryptage, les contrôles d'accès et les audits de sécurité réguliers. Il existe des normes

---

<sup>76</sup> « IoT pour l'industrie pétrolière et gazière : avantages, fonctionnalités et cas d'utilisation », publié le 22/09/2023, (consulté le 06/04/2024 à 01 :51), <https://a-team.global/blog/iot-for-oil-and-gas-industry-advantages-features-and-use-cases/>

### CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

et des réglementations pour combattre et passer du 0% cyber sécurité jusqu'à 100%, et aussi former les collaborateurs aux bonnes pratiques en matière de cyber sécurité.

- **Problèmes d'intégration :** De nombreuses sociétés pétrolières et gazières disposent de systèmes existants, ce qui rend difficile l'intégration transparente de nouveaux appareils et plates-formes IoT à l'infrastructure existante. Donc il faut faire une évaluation approfondie des systèmes actuels et concevoir un plan d'intégration qui prend en compte les systèmes existants, et essayer de les combiner.
- **Surcharge de données :** Les appareils IoT génèrent d'énormes volumes de données. La gestion et le traitement de ces données est difficile, il est important d'opter pour des systèmes informatiques de pointe, utiliser des algorithmes d'apprentissage automatique pour extraire des informations exploitables à partir des données et les traiter dans un minimum de temps.
- **Pénurie de personnel qualifié :** Les technologies IoT nécessitent une expertise dans divers domaines, notamment la science des données, le cyber sécurité et la gestion des appareils IoT et c'est un défi majeur pour les entreprises, dont il faut mettre en œuvre des programmes de formation et collaborer avec des centres d'enseignement voir même des prestataires professionnelles.
- **Conformité réglementaire :** L'industrie pétrolière et gazière est soumise à des réglementations strictes liées à la sécurité, à l'impact environnemental et à la gestion des données, il faut s'engager auprès des organismes de réglementation, rester informé de l'évolution des réglementations et développer une stratégie de conformité claire et intégrer-la dans le plan de mise en œuvre de l'IoT.
- **Alimentation et connectivité dans les emplacements éloignés :** De nombreuses opérations pétrolières et gazières sont effectuées dans des environnements difficiles avec une connectivité limitée, les entreprises peuvent intégrer des capteurs à faible consommation de l'énergie, utilisée de l'énergie renouvelable et des technologies de communication sans fil ou par satellite.

#### 6. Des exemples des meilleurs pratiques des entreprises

L'Internet des objets offre une liste d'opportunités dans le domaine des hydrocarbures pour améliorer les opérations et surmonter les défis, plusieurs entreprises connues et considérées comme leader dans le secteur ont intégré ces technologies pour optimiser leurs efficacités, nous examinons quelques cas des entreprises intégrant ces appareils dans leurs activités :

## CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

### 6.1. Le cas de Shell

Shell, un leader mondial de l'énergie parmi les plus grandes entreprises énergétiques aux mondes, a adopté les opérations pétrolières et gazières IoT pour améliorer considérablement l'efficacité, la sécurité et la productivité. L'initiative Digital Oilfield de Shell témoigne de la manière dont l'IoT peut être utilisé et déployé efficacement tout au long du cycle de vie des champs pétrolifères, englobant l'exploration, le forage, la production et la maintenance :<sup>77</sup>

- **Surveillance à distance :** Des capteurs IoT sont déployés sur les plates-formes de forage, les pipelines et autres équipements. Ils collectent des données en temps réel sur la température, la pression et les débits, entre autres facteurs. Ces données sont ensuite transmises aux centres de contrôle centraux pour une surveillance à distance, permettant des réponses rapides à tout changement ou anomalie opérationnelle.
- **Maintenance prédictive :** L'utilisation des données IoT pour la maintenance prédictive a changé la donne pour Shell. En anticipant les pannes d'équipement et en planifiant les activités de maintenance avant que les pannes ne surviennent, l'entreprise a pu réduire les temps d'arrêt et renforcer l'efficacité opérationnelle.
- **Améliorations de la sécurité :** Les capteurs IoT dans les opérations de Shell sont essentiels pour éviter les risques pour la sécurité. Ils peuvent détecter des fuites de gaz ou des dysfonctionnements d'équipements et déclencher des alarmes ou des systèmes d'arrêt automatique en cas d'urgence, améliorant ainsi la sécurité globale.
- **Efficacité énergétique :** L'optimisation de la consommation d'énergie est un autre domaine dans lequel la mise en œuvre de l'IoT par Shell brille. La surveillance et le contrôle à distance des équipements ont conduit à une réduction du gaspillage d'énergie et des coûts d'exploitation.
- **Tirer parti de l'analyse des données :** Les analyses avancées sont utilisées pour analyser la grande quantité de données générées par les capteurs IoT. Cette analyse fournit des informations plus approfondies sur les opérations des champs pétrolifères, soutenant une meilleure prise de décision et des stratégies opérationnelles.

### 6.2. Le cas de ExxonMobil

En février 2019, ExxonMobil s'est associé à Microsoft pour mettre en œuvre des technologies basées sur le cloud dans ses opérations dans le bassin permien. Cette décision vise à garantir un fonctionnement plus efficace et à améliorer les gains de bénéfices en utilisant les

---

<sup>77</sup> MITROFANSKIE, K., « L'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière : l'avenir des technologies énergétiques », op.cit.

### CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

technologies de Microsoft, notamment Microsoft Azure, Dynamics 365, Machine Learning et IoT. Cette décision permet à ExxonMobil d'obtenir des informations en grandes quantités sur les opérations de puits et les perspectives de forage futures les stocker et les analyser. Par la combinaison de toutes les technologies, l'entreprise veut augmenter la production des opérations du Permien d'environ 50 000 barils d'équivalent pétrole/jour d'ici 2025. En tirant parti de la puissance de l'IoT et du cloud, ExxonMobil espère pouvoir répondre aux préoccupations liées à :<sup>78</sup>

- **La surveillance des opérations de puits** : Les capteurs installés sur les équipements de forage permettent de surveiller en temps réel les puits pour éviter les problèmes, réduire les temps d'arrêts non planifié et améliorer la productivité.
- **L'optimisation des équipements** : Fait référence à la maintenance prédictive qui sert à intervenir en temps réel, pour garder les équipements toujours en bon état et minimiser les coûts inutiles.

#### 6.3.Le cas de Chevron

En 2018, Chevron s'est associé à Microsoft pour lancer une solution de maintenance prédictive afin de résoudre les problèmes de ses champs de pétrole et de ses raffineries. En intégrant les technologies IoT de Microsoft, Chevron vise à créer des milliers d'équipements équipés de capteurs d'ici 2025 pour prédire l'heure exacte de l'entretien des équipements. Ce faisant, Chevron peut surveiller l'état de santé de différentes pièces d'équipement et assurer une maintenance prédictive pour réaliser des économies significatives en termes de temps, de coûts et de sécurité.<sup>79</sup>

#### 6.4.Le cas de Aramco Saoudienne

Saudi Aramco et Honeywell ont signé un accord en 2017 visant à diversifier le secteur énergétique des Émirats Arabes Unis et à accélérer les avantages de l'Internet des objets au sein des opérations de Saudi Aramco grâce à l'analyse prédictive pour collecter les données en temps réel à partir d'équipements et anticiper les pannes potentielles et aux solutions basées sur le cloud. Le développement devrait augmenter le débit, augmenter le rendement et améliorer la fiabilité des opérations de l'entreprise.<sup>80</sup>

---

<sup>78</sup> « L'Internet des Objets transforme l'industrie pétrolière et gazière », publié le 03/09/2019, (consulté le 05/04/2024 à 17 :24), <https://www.gep.com/blog/mind/the-internet-of-things-is-transforming-the-oil-and-gas-industry>

<sup>79</sup> « L'Internet des Objets transforme l'industrie pétrolière et gazière », ibid.

<sup>80</sup> « L'Internet des Objets transforme l'industrie pétrolière et gazière », ibid.

# CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

## SECTION 03 : Le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS) : Assurer la fiabilité et la sécurité de la distribution des Hydrocarbures

### 1. Pipeline Integrity Management

Les pipelines sont les équipements les plus fiables pour transporter et livrer les produits liquide tel que le pétrole, le gaz et bien plus d'autres, sur de longues distances. Cependant, comme tout autre matériel, les pipelines nécessitent une surveillance, une inspection et des entretiens avec diligence. La gestion de l'intégrité des pipelines (PIM) est essentielle pour garantir la sécurité et la fiabilité des pipelines en exploitation.

L'intégrité des pipelines (IP) fait référence au degré auquel les pipelines et les composants associés sont exempts de défauts ou de dommages qui ont susceptibles de garantir leurs sécurités et leurs fiabilités. Il est essentiel d'assurer l'IP tout au long leurs cycle de vie depuis la conception et l'installation jusqu'à la fabrication passant par la mise en service du pipeline, l'entretien, les réparations et bien sur le déclassement. Dans les pipelines de gaz naturel et de pétrole brut, le plus grand risque réside dans les incendies ou les explosions dus à des fuites et à une combustion de l'air, qui peuvent entraîner des pertes de vies, des dégâts ou des dommages matériels. Les fuites de gaz peuvent également être toxiques lorsqu'elles sont inhalées ou contribuer à l'émission de gaz ou de vapeurs nocifs dans l'environnement immédiat.<sup>81</sup>

La gestion de l'intégrité des pipelines (PIM) consiste à installer des programmes de l'inspection régulière, de la surveillance continue, de maintenance préventive et de gestion des risques efficace dans le but de détecter les corrosions et tout autre critère lié à ces corrosions, ce qui va aider les entreprises à prévenir les incidents, à garantir la sécurité des personnes, à protéger l'environnement et finalement garantir l'intégrité des pipelines.

### 2. Fonctionnement du PIM

Le PIM se divise en trois grandes catégories :<sup>82</sup>

#### 2.1.Evaluation

L'évaluation des pipelines s'effectue par l'observation étroite de l'infrastructure des pipelines en internes et en externes, le calcul du profil de corrosion, la modélisation des flux, la

<sup>81</sup> « Gestion de l'intégrité des pipelines ? – Planification, gestion et services », (consulté le 07/04/2024 à 14 :22), <https://nigen.com/pipeline-integrity-management-planning-management-services/>

<sup>82</sup> « Gestion de l'intégrité des pipelines ? – Planification, gestion et services », Ibid.

## **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

détermination des taux de corrosion, les risques potentiels, etc. Identifier les défauts ou les dommages internes et externes permet aux professionnels d'évaluer l'état des pipelines et de planifier les réparations nécessaires avant que des pannes ne surviennent.

### **2.2. Planification de l'intégrité des pipelines**

Un plan de gestion de l'intégrité des pipelines regroupe plusieurs activités pour une meilleure sécurité et fiabilité, minimiser les risques de défaillances, prolonger le cycle de vie et assurer un fonctionnement sûr et efficace :

- **Définition des opérations et des procédures** : il implique la mise en place des procédures et des étapes à suivre pour effectuer les activités de l'inspection, maintenance et réparations.
- **Inspections régulières et maintenance préventive** : il s'agit d'installer des programmes d'inspection pour surveiller l'état des pipelines et détecter les corrosions et les dommages.
- **Surveillance continue** : pour suivre en temps réel les paramètres des pipelines, tels que la pression, la température et le débit.

La planification de l'intégrité des pipelines vise à minimiser les risques de défaillance, à prolonger leur durée de vie et à assurer leur fonctionnement sûr et efficace.

### **2.3. Gestion de projet (PM)**

La gestion de projet dans le contexte de l'intégrité des pipelines rassemble différentes tâches pour assurer la conformité, la qualité et la sécurité :

- **Audits pour la gestion de la corrosion** : Des audits réguliers sont effectués pour évaluer l'efficacité des opérations et localiser les zones à risque élevé nécessitant une attention particulière.
- **Gestion des données** : La collecte, l'analyse et la gestion efficace des données sont essentielles pour suivre les performances et prendre des décisions claires.
- **Mise en service et service en rafale** : Il s'agit d'effectuer des tests, coordonner les opérations et former les personnels
- **Vérification par un tiers** : consiste à faire appel à des experts externes et indépendants pour auditer et vérifier afin de garantir la qualité et l'intégrité des opérations liées aux pipelines.

### **3. Pipeline Integrity Management System (PIMS)**

Le PIMS est un software équipé par des technologies de pointe utilisé par les entreprises, basé sur des données opérationnelles en temps réel, des analyses avancées et une meilleure planification pour surveiller leurs pipelines et assurer la sécurité, la fiabilité et l'intégrité tout au long le cycle de vie. L'objectif principal est la minimisation de temps de détection des zones présentant des anomalies. Ce système est développé pour répondre aux défis liés à la gestion des canaux de transport des hydrocarbures.

Sur le plan technique, le système fonctionne avec des équipements spéciaux et des algorithmes d'analyse développés pour détecter les anomalies, comme les corrosions, les fuites potentielles, etc., Après cela les données collectées sont intégrées dans le système pour planifier les inspections, établir des plans de maintenances correctif, et prendre les décisions correctes au bon moment.

D'un point de vue managérial, le système à un engagement envers l'optimisation, l'excellence opérationnelle et la responsabilité sociale et environnementale. Il aide à gérer les risques spécialement la perte de débit, à minimiser les couts, à garantir la transparence et la traçabilité des opérations, à réduire la probabilité des dangers en évitant les arrêts couteuses et inutiles, à déterminer l'état du pipeline en temps réel et à assurer leurs disponibilités

#### **3.1.Listes des données**

Le PIMS est caractérisé par une liste des données entrantes et sortantes, collectés à partir de diverses sources et analyser pour faire sortir les résultats et prendre les décisions appropriées :<sup>83</sup>

##### **3.1.1. Inputs (Entrées)**

- **Données de conception des pipelines** : les données de l'architecture des pipelines sont nécessaires pour comprendre leur composition physique telles que la longueur, l'épaisseur, etc.
- **Données opérationnelles** : telles que le débit, la pression, la température, la vitesse ces données sont collectées en temps réel pour surveiller l'état continu des pipelines et définir le degré de performance.

---

<sup>83</sup> Elaboré par nous en se basant sur les documents internes de la Raffinerie Sonatrach.

## CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

- **Rapports d'inspection** : contenant des informations sur l'état des infrastructures basées sur les inspections régulières soit visuelles ou mécaniques tout en respectant les normes et les réglementations.
- **Données environnementales** : telles que la nature du sol, la température, l'humidité, etc. sont essentielles pour analyser l'intégrité des pipelines.

### 3.1.2. Outputs (Sorties)

- **Evaluation des risques** : par l'analyse des données entrantes pour identifier les anomalies telles que les fuites, les corrosions, et d'autres problèmes.
- **Des programmes de maintenance et d'inspection** : en établissant des plans détaillés des activités d'inspection régulières, mettre en œuvre des mesures de maintenances préventives pour assurer la fiabilité des opérations.
- **Alertes et avertissements** : le système envoie des notifications aux opérateurs pour signaler les problèmes et faire les interventions nécessaires pour le fonctionnement.

## 4. Fonctionnement du PIMS

Le PIMS est une plateforme offre une approche avec plusieurs solutions d'analyse et d'inspection nous explorerons les principales étapes de fonctionnement du système :<sup>84</sup>

### 4.1. Collecte des données

La première étape du fonctionnement est la collecte des informations provenant de différentes sources telles que les résultats des inspections régulières utilisant des techniques d'ultrasons et des radiographies, les enquêtes sur la protection cathodique des pipelines et l'historique de leur état global puis les intégrer dans la plateforme.

### 4.2. Analyse des données

Après l'étape de la collecte, les données doivent être analysées en utilisant des algorithmes avancés pour détecter les problèmes et les anomalies potentielles telles que les corrosions externes et interne les fuites, etc

### 4.3. Visualisation et modélisation

Les données sont ensuite visualisées cartographiquement par des graphiques des dessins représentatifs pour identifier les zones à risque et les classer selon le degré de risque.

---

<sup>84</sup> « How to manage pipeline integrity with PIMS software - The Sniffers », publié le 23/02/2021, (consulté le 08/04/2024 à 13:42), <https://www.youtube.com/watch?v=b4oBBWPY7w>

## CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

### 4.4. Evaluation de l'état des pipelines

Le logiciel commence à évaluer l'état des pipelines en se basant sur les données collectées et analysées, puis il priorise les actions de maintenance et de réparations des dommages mécaniques et prédire les risques futurs.

### 4.5. Aide à la prise de décision

L'objectif stratégique est la prise de décision, pour remettre ces pipelines en bon état par la planification de la maintenance et la mise en œuvre des programmes de réparations correctifs et proactifs y compris le nettoyage.

## 5. Avantages du PIMS

Le système de gestion de l'intégrité des pipelines est important dans le transport par canalisations des hydrocarbures, c'est une solution technologique qui répond aux défis et rendre la distribution plus efficace et sécurisée.

Les avantages offerts par le PIMS peuvent se résumer dans les points suivants :<sup>85</sup>

- **Surveillance continue de l'état technique et de sécurité du système de canalisations :** Le PIMS offre une surveillance continue de l'état technique et de sécurité des pipelines avec des systèmes et des équipements intégrés dans les pipelines pour détecter les anomalies, les variations des paramètres, réduire les arrêts imprévus et faire les interventions nécessaires.
- **Recommandation des travaux d'intervention et de réparation sur les pipelines :** On fonction des données collectées et analysées le PIMS va recommander des plans d'intervention et de réparations dans le but d'améliorer l'état des pipelines et aider les opérateurs à prendre les décisions pour assurer la sécurité des opérations et la fiabilité.
- **Exécution d'une inspection basée sur les risques pour déterminer l'état du pipeline :** L'inspection met en premier les risques, pour prioriser les interventions en fonction des zones les plus critiques qui nécessite des actions correctives immédiates, optimiser les ressources et les infrastructures et essayer de minimiser les probabilités des risques.

---

<sup>85</sup> « Système de gestion de l'intégrité des pipelines à terre », (consulté le 08/04/2024 à 14:07) [https://velosiaims.com/service/software/services/vailpimson/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwiMmwBhDmARIsABeQ7xSeZl6cRMKbkDTrDoRh6mk\\_oIULHgK-tXja7QW\\_vqr08y3057hsAsMaAgrXEALw\\_wcB](https://velosiaims.com/service/software/services/vailpimson/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwiMmwBhDmARIsABeQ7xSeZl6cRMKbkDTrDoRh6mk_oIULHgK-tXja7QW_vqr08y3057hsAsMaAgrXEALw_wcB)

### CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)

---

- **Protection de l'environnement** : Le PIMS a un engagement envers l'environnement, la surveillance continue des infrastructures et la mise en œuvre des actions préventives vont contribuer dans la réduction de la pollution et des impacts environnementaux négatifs.
- **Assurer une disponibilité continue des pipelines pour le transport sans interruption** : Le logiciel aide à garantir la disponibilité continue des canaux pour le transport des hydrocarbures en amont et en aval en effectuant les réparations planifiées
- **Minimisation des risques et de la perte de débit** : La plateforme PIMS aide à minimiser tout type de risques telle que la perte de débit et assurer une utilisation efficace, une réduction des coûts lié aux interruptions imprévues.

### **CHAPITRE III : L'OPTIMISATION DE LA SUPPLY CHAIN AVEC L'INTERNET INDUSTRIEL DES OBJETS (IIoT) ET LE SYSTEME DE GESTION DE L'INTEGRITE DES PIPELINES (PIMS)**

---

#### **CONCLUSION**

On a exploré dans ce chapitre des généralités sur deux outils technologiques et leur intégration dans l'industrie des hydrocarbures pour améliorer la supply chain

En premier lieu, nous avons met la lumière sur les concepts de base de l'Internet des Objets (IoT), en soulignant le rôle principal de cette technologie et sa capacité d'automatiser les opérations, d'améliorer l'efficacité et de réduire les couts tout au long la chaine logistique.

Dans la deuxième partie, nous avons prolongé dans l'importance de ces installations dans la supply chain de l'industrie pétrolière et gazière grâce à ces capteurs intelligents et des logiciels avancés les entreprises peuvent optimiser les activités, prévoir les besoins en maintenance, réduire les risques et améliorer la sécurité.

Enfin, la troisième section se concentre sur le système de gestion de l'intégrité des pipelines (PIMS), et son rôle essentiel dans la sécurité de distribution des hydrocarbures pour surveiller l'état des pipelines minimiser les risques et les couts.

Globalement, l'IIoT et PIMS ouvre la voie à une supply chain optimisée et sécurisée dans la gestion de la chaine logistique, en adoptant ces technologies émergentes, les entreprises peuvent améliorer leur compétitivité, leur durabilité opérationnelle et leur capacité à répondre aux défis de l'industrie tout en contribuant à une gestion responsable des ressources énergétiques.

**CHAPITRE IV :**

**ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET  
RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET  
L'IIOT**

## **INTRODUCTION**

Cette partie est dédiée pour examiner de manière empirique comment l'intégration des technologies de l'Internet des Objets Industriels (IIoT) dans les équipements industriels et le système de gestion de l'intégrité des pipelines (PIMS) peuvent constituer des solutions pour optimiser la supply chain d'une entreprise. La question centrale de notre étude est :

**« Comment l'intégration des technologies de l'Internet des Objets Industriels (IIoT) dans les équipements industriels et le système de gestion de l'intégrité des pipelines (PIMS) peuvent-ils améliorer de manière proactive la gestion et l'efficacité de la supply chain ? »**

Pour répondre à cette question, nous avons adopté une approche de recherche qualitative en utilisant des entretiens semi directifs avec les responsables de la raffinerie d'Alger, des observations sur le terrain et l'exploitation de plusieurs sources documentaires internes de l'entreprise.

Ce chapitre est structuré en trois sections suivantes :

La première section fournit une présentation détaillée de la Raffinerie d'Alger filiale de Sonatrach en mettant en lumière ses missions, son historique, ses produits, sa structure organisationnelles ainsi que le département concerné par l'étude.

La deuxième section détaille la méthodologie de la recherche adoptée pour cette étude, nous allons présenter les technologies actuellement mis en place pour comprendre le niveau de digitalisation de l'entreprise.

Enfin, la dernière section propose des plans d'action pour l'intégration de la synergie technologique, identifier les domaines propriétaires et les étapes à suivre pour une mise en œuvre efficace et pour guider la Raffinerie dans son parcours vers une supply chain optimisée.

En résumant ce chapitre a pour objectif de fournir une analyse approfondie et des recommandations pour l'intégration de ces solutions.

## **SECTIOLN 01 : Présentation de l'entreprise**

### **1. Présentation de la société SONATRACH**

SONATRACH est une entreprise publique algérienne créée le 31/12/ 1963 par le décret n°63/491, avec pour mission d'assurer le transport et la commercialisation des hydrocarbures. Son domaine d'activité a été élargi par le décret n°66/296 du 22/09/1966, transformant l'entreprise en la Société Nationale de la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures.<sup>86</sup>

Elle est considérée comme un acteur majeur dans l'industrie pétrolière et gazière et la première entreprise en Afrique, jouant un rôle important en tant que fournisseur mondial d'énergie.

#### **1.1.Les activités du groupe SONATRACH**

Les activités de l'entreprise Sonatrach sont les suivantes :<sup>87</sup>

*Figure IV.17 : Les activités de SONATRACH*



Source : Documents interne de l'entreprise

##### **1.1.1. Activité Exploration & Production (E&P)**

Cette activité regroupe l'exploration géophysique, le forage des puits et l'extraction des hydrocarbures. La compagnie consacre une partie significative de son budget d'investissement à l'EP dans le but d'exploiter de manière optimale les gisements, de maximiser la production et d'augmenter les réserves prouvées d'hydrocarbures.

---

<sup>86</sup> **Journal Officiel de la République Algérienne**, « Ministère de l'Industrie et de l'Energie », Algérie, publier le 30/09/1966, P 939.

<sup>87</sup> L'Energie du Changement, (consulter le 15/04/2024 à 14 : 27), <https://sonatrach.com>

### **1.1.2. Activité Liquéfaction et Séparation (LQS)**

Chargée de transformer les hydrocarbures en liquéfiant le gaz naturel (GNL) et en séparant le gaz de pétrole liquéfié (GPL). SONATRACH est parmi les principaux acteurs au monde dans la production et la commercialisation du GNL et ses sous-produits l'éthane, le propane, la gazoline et le butane avec des exportations par voie maritime environ 21 milliards de mètres cubes.

### **1.1.3. Activité Commercialisation**

Concerne l'élaboration et l'application des stratégies et des politiques en matière de commercialisation des hydrocarbures sur le territoire national et international.

### **1.1.4. Activité Transport par Canalisation (TRC)**

C'est l'expédition des hydrocarbures (brut, GPL, GNL, Condensat...) depuis les usines de production jusqu'à les raffineries de transformation et les complexes de liquéfaction et aux ports d'expédition pour que les produits soient commercialisés. Cette activité assure l'exploitation, la maintenance et le développement du réseau de transport par canalisation des hydrocarbures et gère les ports pour le chargement et le déchargement des hydrocarbures. SONATRACH exploite 22 Systèmes de Transport par Canalisation (STC) tel que les oléoducs, les gazoducs, les stations de pompage et de compression, les bacs de stockage, les centres de dispatching et de supervision des pipelines. Le réseau de transport s'étend sur environ 22 000 kilomètres à travers le territoire national dont 53% pour le gaz naturel.

### **1.1.5. Activité Exploitation Raffinage et Pétrochimie (RPC)**

Désigne l'ensemble des traitements et transformations visant à tirer le maximum des produits à haut valeur commerciale afin de répondre aux besoins du marché. La plus grande capacité de raffinage se situe au Nord du pays avec les raffineries d'Arzew, d'Alger et de Skikda.

## **2. Les Raffineries Algériennes**

En Algérie, il existe cinq raffineries pour répondre à la demande croissante du marché. En 2011, le secteur a lancé un programme de réhabilitation des installations existantes des raffineries du Nord (Arzew, Skikda et Alger) ainsi que de mise aux normes des produits qui y

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

sont fabriqués. Avec la rénovation des raffineries d'Arzew en 2013 et de Skikda en 2014, le programme a été clôturé avec la modernisation de la raffinerie d'Alger en octobre 2018.

### 3. La Capacité de Traitement

La capacité totale de traitement de pétrole brut a été augmentée passant de 24,62 à 25,565 millions de tonnes/an.<sup>88</sup>

**Figure IV.18** : Capacité de traitement du pétrole brut et condensat des raffineries

Raffinerie	Capacité en Millions Tonnes/an	
	Capacité actuelle	Après Réhabilitation de la raffinerie d'Alger
<b>Traitement pétrole brut</b>		
Raffinerie de Skikda (RA1.K)	16,5	-
Raffinerie d'Arzew (RA1.Z)	3,75	-
Raffinerie d'Alger (RA1.G)	2,7	3,645
Raffinerie de Hassi-Messaoud (RHM)	1,07	
Raffinerie d'Adrar (RAD)	0,6	-
<b>Total</b>	<b>24,62</b>	<b>25,565</b>

**Source** : Produits Pétroliers, (consulter le 15/04/2024 à 18 :34), <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=produits-petroliers>

Pour élargir le marché et exporter les produits excédentaires à l'international le secteur à élaborer un plan pour mettre en place deux nouvelles raffineries et deux unités d'hydrocraquage du fuel-oil et de traitement de naphta excédentaire afin d'augmenter la capacité de traitement avec 10,945 Tonnes par an :

- Raffinerie à Hassi-Messaoud avec une capacité de traitement de pétrole brut de 5 Millions Tonnes par an.
- Raffinerie à Tiaret avec une capacité de traitement de pétrole brut de 5 Millions de Tonnes par an.

<sup>88</sup> Produits Pétroliers, (consulter le 15/04/2024 à 18 :34), <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=produits-petroliers>

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

- Projet d'hydrocraquage de fuel-oil à Skikda, avec une capacité de traitement de 4,6 Millions Tonnes par an.
- Projet de traitement de naphta excédentaire à Skikda, avec une capacité de traitement de 4 Millions Tonnes par an.

### 4. Raffinerie d'Alger

Raffinerie d'Alger RA1G parmi les filiales de SONATRACH, responsable sur la production et le traitement des produits bruts, situé à Sidi Arcine commune de Baraki à 20 Km à l'est d'Alger et 5 Km au sud d'El Harache sur une superficie de 182 Hectares. La raffinerie d'Alger est liée au port pétrolier par une nappe de pipes d'une longueur de 14 km. Cet emplacement a été choisi après étude des sols et la découverte d'une nappe d'eau pour l'alimentation des systèmes de refroidissement, la figure suivante montre la situation géographique de raffinerie.

*Figure IV.19 : La situation géographique de la raffinerie d'Alger, Sidi R'cine.*



Source : Google Earth.

#### **4.1. Historique de la Raffinerie d'Alger**

L'historique de la raffinerie peut se résumer dans les points suivants :<sup>89</sup>

**Septembre 1959** : Découverte du pétrole dans le sud algérien qui motive la création des raffineries pour faire le traitement.

**Janvier 1960** : Ouverture du chantier pour le démarrage de la construction de la raffinerie d'Alger.

**19 Janvier 1964** : Mise en service de la raffinerie d'Alger par un groupe de compagnies étrangères avec un coût de construction de 210 millions dinars dont 170 millions par les installations et 40 millions de frais établis et autres.

**Avant 1971** : L'alimentation de la raffinerie se faisait par des tankers transportant le pétrole de Bejaia au port pétrolier d'Alger, en suite par un pipeline de 26" pouces, jusqu'au parc de stockage.

Un piquage a eu lieu à Beni Mansour à partir de pipeline reliant Hassi-Messaoud - Bejaia, avec un oléoduc de 18" pouces de diamètre et d'une longueur de 131 Km jusqu'à la raffinerie, avec un débit de 500 m<sup>3</sup> /h, ce pipeline a été remplacé par un autre de 20" pouces avec un débit atteignant jusqu'à 800 m<sup>3</sup> /h.

**Septembre 2010** : La raffinerie d'Alger a élaboré un plan de réhabilitation et a signé un contrat avec le groupe français Technip pour un montant de 67,8 milliards de dinars, en 2015 le contrat a été annulé en raison de conflits et d'autres circonstances.

**Novembre 2016** : La réhabilitation de la raffinerie a été confié à un autre groupe chinois « China Petroleum Engineering and Construction CPEC » pour un montant de 45,5 milliards de dinars afin d'augmenter la capacité de traitement de plus de 35%, d'élargir sa superficie et d'améliorer ses installations pour une performance optimale.

#### **4.2. Capacité de production**

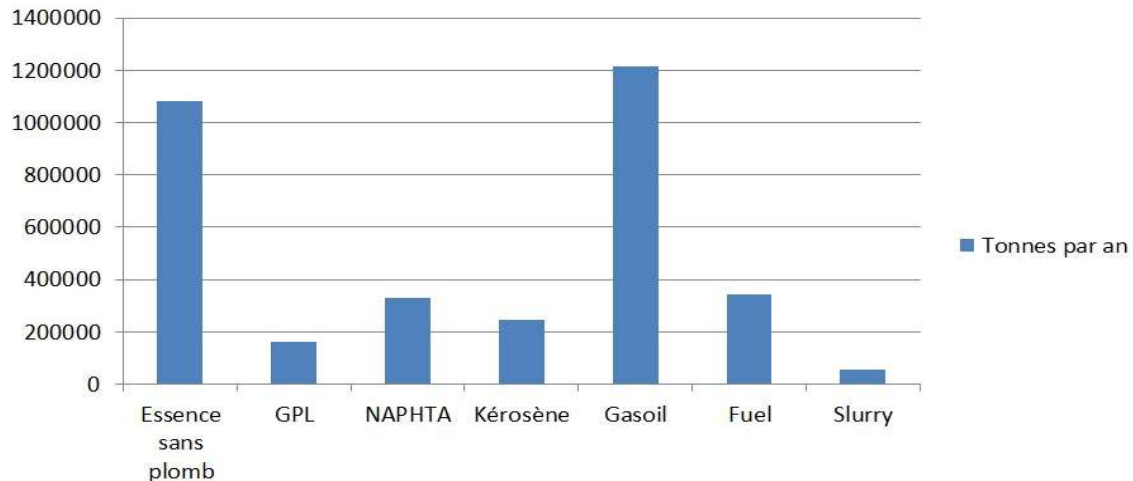
La principale mission de la raffinerie est de satisfaire les besoins en termes de l'industrie pétrolière, après les deux réhabilitations effectuées dans la raffinerie d'Alger la capacité de traitement des produits bruts a été passée de 2,7 à 3,645 millions de tonnes par an.

---

<sup>89</sup> Documents interne de la Raffinerie d'Alger.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

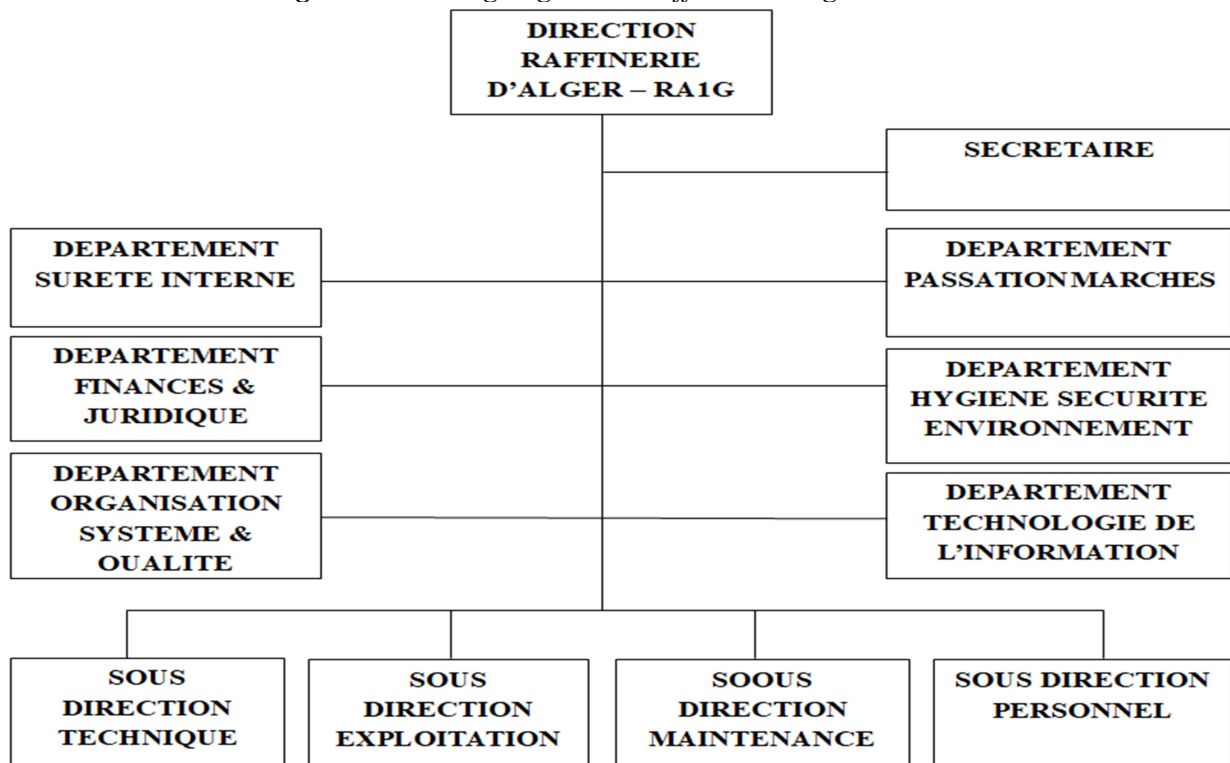
*Figure IV.20 : Capacité de production de la raffinerie d'Alger*



Source : Bilan de la production annuel, Service planning et prévision, Raffinerie d'Alger, SONATRACH.

### 4.3. Organigramme de la Raffinerie d'Alger

*Figure IV.21 : Organigramme Raffinerie d'Alger*



Source : Document Interne de l'entreprise

#### **4.4. Les installations de la Raffinerie d'Alger**

La Raffinerie d'Alger est équipée d'un ensemble d'installations principales qui lui permettent de répondre efficacement aux besoins du marché :<sup>90</sup>

- Une unité de distillation atmosphérique permettant de traiter les produits bruts.
- Une unité de reforming catalytique qui permet d'optimiser la qualité du carburant par l'amélioration de la composition chimique
- Une installation de séparation et de traitement des gaz de pétrole liquéfiés.
- Un parc de stockage pour le pétrole brut ainsi que pour les produits finis et semi-finis.
- Des infrastructures de pompage permettant l'expédition des produits vers différents dépôts.
- Un port pétrolier équipé pour le chargement et le déchargement des hydrocarbures.
- Un laboratoire de contrôle de la qualité des produits.
- Des ateliers de maintenance et de magasins pour assurer la continuité des opérations.
- Une rampe de chargement GPL pour approvisionner les régions centrales du pays en gaz de pétrole liquéfié.

#### **4.5. Les produits de la Raffinerie**

La raffinerie propose une gamme diversifiée des produits à consommation finis ou intermédiaires et qui répondent aux normes nationales et internationales :

- **Essence sans plomb** : est un liquide léger réalisé par un mélange naturel de gaz naturel et de pétrole utilisé comme un carburant pour les moteurs recommandés par l'United Nation Environnement Program (UNEP).
- **Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)** : est un gaz à usage domestique, facile à être stocké et transporté, généralement conditionné en bouteilles en métal ou des briquets, il peut être utilisé aussi dans la production notamment l'industrie chimique.
- **Naphta** : est un mélange liquide des hydrocarbures légers obtenus à partir des opérations de distillation et de raffinage du pétrole brut. Il est largement utilisé dans divers secteurs industriels pour différentes applications.
- **Gas-oil** : c'est un fioul léger issu du raffinage du pétrole brut.

---

<sup>90</sup> Documents internes de la Raffinerie d'Alger.

- **Kérosène** : est un mélange des hydrocarbures complexes obtenu par la distillation des produits bruts et utilisé comme un carburant d'aviation en raison de la sécurité renforcée.
- **Fuel lourd** : est un mélange complexe et un produit résiduel obtenu de l'opération de raffinage des hydrocarbures utilisé dans la production de l'électricité et de chaleur.
- **Slurry** : est un mélange semi-liquide, autrement dit un résidu avec des particules solides et des petites quantités de liquide, destiné à être utilisé dans plusieurs domaines de l'industrie comme le traitement des eaux usées.

#### **4.6.Présentation du Département Inspection**

Le département Inspection est un service opérationnel qui vise à maintenir le bon fonctionnement des équipements et des installations, qu'il s'agisse d'équipements statiques ou mobiles. L'objectif principal est de maintenir ces équipements en bon état de fonctionnement afin de prolonger leur durée de vie, de minimiser les risques environnementaux et sociétaux, et d'optimiser les coûts. Ce service doit suivre une politique bien maîtrisée, car il constitue la base du processus global. En assurant la fiabilité et la disponibilité des équipements, le département Inspection contribue à la performance globale de l'organisation en garantissant des opérations fluides et efficaces.

Les taches du département sont :

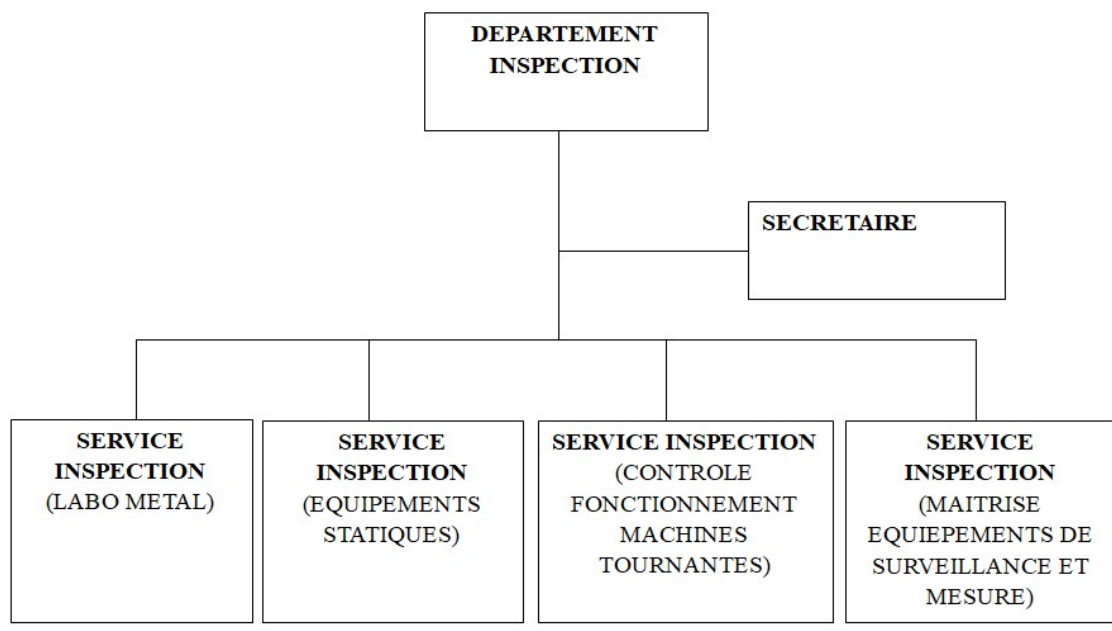
- Intervention en cas de pannes ou de dysfonctionnements, en suivant des procédures spécifiques et en respectant les normes de sécurité.
- Tenue à jour de la documentation technique des équipements et des interventions réalisées.
- Mise en place de programmes d'inspection préventive pour garantir la fiabilité des équipements.
- L'organisation de l'inspection de tous les équipements soumis à surveillance interne (Réacteurs, ballons, échangeurs, réservoirs de stockage, organes de sécurité...)
- La supervision des inspections et les contrôles non destructifs mis en œuvre par les organismes agréés.
- L'organisation et la supervision des visites réglementaires des appareils de levage dont la réalisation est confiée aux organismes de contrôle agréés.
- L'analyse des résultats et l'établissement des spécifications pour réparations conformément aux normes.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

---

- La réalisation des programmes d'inspection périodiques sur les équipements statiques et tournants, en respectant les normes et méthodes de travail.
- La traduction des constats et la recommandation de plan d'action correctives.
- La validation technique des dossiers de réparation.
- L'organisation de l'information et du reporting régulier des activités de l'inspection et des performances des équipements de la raffinerie.

*Figure IV.22 : Organigramme du Département Inspection*



Source : Documents Interne de l'entreprise.

**SECTION 02 : Méthodologie de Recherche et Analyse des Technologies à la Raffinerie d'Alger**

**1. Méthodologie de la recherche**

L'objectif est de présenter en détail la méthodologie de la recherche utilisée dans notre étude pour explorer l'implémentation potentielle des technologies de l'Internet Industriel des Objets (IIoT), et le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS) chez Sonatrach.

Nous allons expliquer les différents points de notre méthodologie y compris la méthode de recherche et de collecte des données, l'analyse et l'interprétation des résultats ainsi que les raisons du choix de ce thème et les objectifs derrière cette étude.

**1.1.Choix du thème**

Notre thème **Synergie IIoT-PIMS : Optimisation de la Supply Chain dans l'Industrie des Hydrocarbures** au sein de **SONATRACH** plus précisément **Raffinerie d'Alger Sidi Rzine**, qui est responsable de l'activité de raffinage et pétrochimie dans le nord de l'Algérie. Cette thématique a été choisie en raison de son originalité et de son actualité liée à la digitalisation et la numérisation des processus dans l'industrie des hydrocarbures. Ce sujet représente un domaine nouveau pour notre école EHEC Ecole des Hautes Etudes Commerciales ce qui va offrir une opportunité de développer de nouvelles connaissances dans ce domaine. Ce choix de thème est soutenu par plusieurs raisons :

- L'industrie des hydrocarbures est en pleine transformation et croissance, utilisant des technologies innovantes pour améliorer l'efficacité et la sécurité, c'est une solution pour répondre à ces besoins.
- La Raffinerie cherche à intégrer des technologies pour confronter plusieurs défis.

Enfin, le sujet offre une importance particulière dans la transition énergétique pour une utilisation durable des ressources afin de façonner l'avenir de ce secteur clé dans l'économie algérienne.

### **1.2.Outils utilisés dans la recherche**

Dans le cadre de notre travail, nous avons choisi des méthodes de recherche qualitatives centrées sur la réalisation des entretiens avec les responsables inspections chez la Raffinerie d'Alger. Cette méthode est sélectionnée pour son potentiel à collecter les informations et répondre de manière exhaustive aux objectifs fixés qui visent à comprendre les défis et les besoins de l'entreprise.

Nous avons opté pour les entretiens semi directifs, pour approfondir le sujet d'implémentation des IIoT et du PIMS qui offrent un cadre structuré mais permettent à l'interviewer de s'exprimer librement, favorisant ainsi un échange dynamique afin obtenir les opinions et les expériences des participants pour une meilleure compréhension.

L'entretien a été divisé en quatre axes couvrant différents sujets importants :

**Thème 01 : Gestion de l'inspection et de la maintenance dans la Supply Chain de la Raffinerie.**

**Thème 02 : Analyse des couts et des délais de l'inspection.**

**Thème 03 : Défis et ajouts de l'implémentation du PIMS et IIoT.**

**Thème 04 : Sécurité et résilience des systèmes IIoT et PIMS.**

Après cette étude nous avons pu réaliser une vision générale sur l'état actuelle de l'entreprise et mieux comprendre les besoins et les problématiques ce qui nous a aidé à formuler des recommandations et élaborer des plans d'action pour notre étude d'installation des technologies.

## **2. Technologies et logiciels utilisés dans la Raffinerie d'Alger**

Dans le cadre de notre analyse, nous allons maintenant nous concentrer sur les technologies et les systèmes utilisés au sein de la Raffinerie d'Alger-SONATRACH, en mettant en lumière celles qui sont employées pour le suivi, le contrôle des équipements, voir même l'exécution de certaines taches jugées indispensables pour le bon fonctionnement des opérations de l'entreprise.

### **2.1.Distributed Control System (DCS) de FOXBORO SCHNEIDER**

Il s'agit d'un système numérique de contrôle-commande et d'automatisation des processus et installations industrielles doté de technologies de haut niveau qui permettent de maintenir, surveiller et contrôler toutes les fonctionnalités et caractéristiques des équipements en temps réel, c'est une conception intelligente et flexible qui permet de préserver les investissements lourds, de protéger l'intégrité opérationnelle, d'améliorer la prise de décision et de résoudre tous types de problèmes

Il repose sur une architecture distribuée, composée de plusieurs unités de contrôle réparties sur les équipements industriels. Chaque contrôleur est responsable d'un certain nombre d'installations ou de processus. Il est connecté à un ensemble de capteurs qui mesurent des paramètres tels que la température, le débit et la pression et les communiquent aux centres de contrôle.

Les opérateurs interagissent avec le système via des interfaces homme-machine qui affichent plusieurs types de présentations telles que des tableaux de bord, des graphiques et autres. Ces interfaces permettent aux opérateurs de surveiller le fonctionnement de l'équipement, de prendre des décisions éclairées et d'effectuer les ajustements nécessaires après la collecte et le traitement des informations.

### **2.2.Emergency Shut-down/Fire & Gas (ESD/F&G) de TRICONEX SCHNEIDER**

C'est une solution et une plateforme utilisées pour protéger les équipements industriels contre les anomalies liées aux situations d'urgence. Le système vise à détecter rapidement les problèmes et à réagir par des actions automatiques pour sécuriser l'équipement et protéger le personnel.

Il fonctionne avec des capteurs spécialisés qui surveillent toutes les conditions de fonctionnement, ainsi que les événements critiques, qui envoient des signaux aux unités de contrôle, ces dernières traiteront ces informations afin de déterminer la gravité de l'anomalie et de prendre les mesures appropriées.

En cas de situation critique, le système réagit par des mesures d'urgence pour maintenir l'équipement en bon état ou minimiser l'impact négatif :

- Arrêt d'urgence : arrêter immédiatement l'équipement pour le protéger
- Fermeture des vannes : en cas de fuites dans les canalisations.
- Activation des alarmes : pour alerter le personnel en cas de problème.
- Communication d'urgence : interventions d'alerte pour agir rapidement.

Les opérateurs surveillent les équipements en temps réel via des interfaces indiquant l'état de l'équipement pour des décisions éclairées et rapides en cas d'incident, prolongent la durée de vie de l'équipement et maximisent la productivité. Il fonctionne en parallèle avec le DCS.

### **2.3.Blending System de TopNir**

La raffinerie utilisait auparavant un système manuel de blending appelé BOOS Schneider; où les opérateurs devaient ouvrir les vannes manuellement, ce système est ancien et ne répond plus aux besoins actuels de l'entreprise vue la digitalisation, c'est pourquoi elle a décidé d'approvisionner un nouveau système TopNir qui automatise cette fonction. Il est en cours d'implémentation étape par étape, actuellement les employés suivent des formations pour apprendre à l'utiliser correctement, l'objectif est qu'il soit pleinement opérationnel d'ici 2025. Ce changement présente plusieurs avantages : améliorer l'efficacité, la précision et la sécurité des opérations, réduire les erreurs humaines et la dépendance manuelle, assurer une bonne qualité et réduire les temps inutiles.

Les opérateurs établissent une formule de mélange pour produire les produits finis souhaités. Cette formule précise les proportions des différents composants nécessaires pour obtenir un produit final satisfaisant et conforme aux normes, puis la transmet au système qui sera programmé avec les paramètres exacts pour réaliser automatiquement le mélange.

La production est planifiée par cette technologie en respectant les quantités demandées et la recette prédéfinie. Il envoie automatiquement des signaux aux vannes et aux pompes; Les vannes s'ouvrent et se ferment selon les besoins sans intervention humaine pour transférer les composants des bacs et réservoirs de stockage vers le mélangeur et les pompes contrôlent le débit pour assurer un mélange homogène.

Pendant tout ce processus, le système surveille et contrôle des paramètres tels que la température, la pression et autres en temps réel pour détecter les écarts et les anomalies, puis effectue les ajustements nécessaires pour maintenir une bonne qualité. Une fois le mélange est terminé, il sera acheminé vers les cuves pour effectuer un contrôle qualité afin d'assurer que les produits correspondent aux spécifications mentionnées.

#### **2.4.General Electric Gaz Turbine Générateur (GE GTG) et les compresseurs GE Mark 6 E**

En premier lieu, la turbine à gaz est un moteur alimenté par la combustion d'air et de carburant produisant une puissance mécanique.

Un système de contrôle pour les turbines à gaz de General Electric tel que les compresseurs GE Mark 6 E est conçu pour offrir un contrôle plus précis et sophistiqué qui permet de surveiller et de réguler plusieurs paramètres essentiels de la turbine comme la vitesse, la température et la pression d'une manière avancée et plus développée.

Il est caractérisé par plusieurs fonctionnalités :

- Surveillance et gestion des paramètres et des données provenant des turbines à gaz jusqu'au moniteur et vérification des performances de l'équipement en temps réel.
- Contrôler le processus de démarrage de la turbine afin d'assurer que chaque opération et étape est effectuée efficacement.
- Détection des anomalies et des pannes potentielles nécessitant une maintenance suffisante et une intervention rapide pour des opérations continues.
- Ajuster les paramètres de fonctionnement pour plus d'efficacité.

Le système des compresseurs GE Mark 6 E mesure les paramètres et les données afin de les traiter et comparer à des valeurs historiques et faire les corrections nécessaires. Cela contribue à réduire les temps d'arrêt non planifié et les coûts de maintenance tout en assurant un suivi de l'état des équipements pour une meilleure rentabilité globale.

#### **2.5.Tank Farm Management System (TFMS) Honeywell ENFAR**

Le TFMS de Honeywell ENFAR constitue un système complet responsable du contrôle approfondi des parcs de stockage contenant des millions de gallons de liquide du Pétrole et Gaz. Ce système intègre un mécanisme de surveillance avec des outils installés sur les réservoirs de stockage qui transmettent les formations à travers un réseau connecté. Les informations sont gérées individuellement pour chaque réservoir et les données complètes sont enregistrées périodiquement à des fins de contrôle. Le TFMS assure une surveillance continue des équipements et détecter les anomalies pour déclencher des alertes en cas d'urgence.

Ce modèle permet une gestion plus fluide des stocks, ce qui, à son tour, garantit le niveau de sécurité et contribue à éviter les non-conformités. Il s'agit d'un outil utile permettant de suivre l'état du produit à mi-production et d'optimiser la chaîne d'approvisionnement. Ainsi, les planificateurs de la production peuvent estimer les dates de livraison de leurs produits et prendre toutes les dispositions nécessaires. Grâce à l'application active de TFMS, l'entreprise peut améliorer leur processus de stockage en réduisant les coûts associés à la gestion des stocks et atteindre des normes de conformité plus élevées sur le plan réglementaire.

### **2.6. Packages Effluent Treatment Plant (ETP) Siemens**

Le package Siemens Effluent Treatment Plant (ETP) est une solution intégrée pour le traitement automatisé des eaux usées industrielles et de toutes les opérations associées. De cette manière, le système permet d'intégrer divers équipements tels que des pompes, des filtres pour l'élimination des sédiments, des réacteurs pour la désinfection, des clarificateurs, ainsi que des équipements de dosage de produits chimiques si l'eau n'est pas équilibrée.

En plus de cela, il est doté d'un logiciel de visualisation de données qui facilite la communication des informations en douceur. Cette solution offre également une surveillance et un contrôle en temps réel permettant une détection proactive des problèmes et des interventions immédiates. Il contribue au développement de procédures de traitement impliquant la gestion du débit d'eau et le suivi de sa qualité, ce qui entraîne une amélioration de l'ensemble du travail opérationnel. En favorisant la maintenance préventive, l'ETP garantit le bon fonctionnement et la longévité des équipements, ce qui est essentiel aussi pour assurer une efficacité continue du traitement des eaux usées industrielles.

### **2.7. Machine Monitoring System of Bently Nevada (System One)**

System One de Bently Nevada, qui est un outil avancé, est une plateforme de surveillance des machines. Cet outil est utilisé pour la santé des équipements, le diagnostic de performance, la gestion des machines industrielles et le contrôle de l'efficacité et du calendrier de maintenance. Il collecte des données authentiques qui sont transmises dans un système pour une analyse et un traitement intégré en profondeur à l'aide d'algorithmes spécifiques, puis visualisés au moyen de divers diagrammes ou dessins afin de détecter ou de signaler des problèmes. L'analyse des vibrations, par exemple, permet de trouver ces points d'équilibre très tôt avant de devenir un échec. Le système est capable de définir les signes anormaux existants et, par conséquent, génère des alertes ou envoie des notifications aux opérateurs en

charge des systèmes via des interfaces homme-machine afin qu'ils puissent prendre des décisions et planifier la maintenance de manière proactive.

La caractéristique qui distingue le système c'est de transformer les données entrantes en informations exploitables pour prévenir les problèmes avant qu'ils n'arrivent au réseau que nous desservons et ainsi, améliorer son efficacité.

### **2.8. Système de contrôle de réseau Electrique (ECS) de ABB**

Le système de contrôle de l'énergie ABB est un système sophistiqué conçu pour contrôler et surveiller les réseaux électriques en temps réel. Le système possède des capacités allant de la surveillance en temps réel au contrôle automatique et à l'optimisation de l'efficacité énergétique des consommateurs. Il utilise une combinaison de capteurs et d'interfaces logiciels d'analyse de données pour permettre aux opérateurs de réseau de surveiller et de contrôler les réseaux électriques.

Le système ECS repose sur le principe de l'acquisition continue des données des différents capteurs présents sur l'ensemble du tracé du réseau électrique. Les paramètres tels que la tension, le courant, la fréquence, la puissance, entre autres, sont intégrés au système ECS par des capteurs situés sur le réseau qui transmettent ces informations au système ECS en utilisant les réseaux de communication existants. Après avoir collecté les informations, le système ECS les traite grâce à l'utilisation d'algorithmes pour détecter les modèles anormaux, les modèles de charge, prévoir les performances du réseau et l'amélioration des performances en temps réel.

La valeur ajoutée du système ECS est la suivante :

- **Optimisation des performances** : L'ECS aide à optimiser les performances globales du réseau électrique car il surveille en permanence les paramètres les plus critiques et ajuste automatiquement celles du fonctionnement selon les besoins pour aider à maintenir la stabilité et la fiabilité du réseau. Il permet de réduire le coût des opérations directement liées aux inefficacités de l'état actuel, comme celles liées à la maintenance, à la surcharge et aux coûts de prévention des pannes.
- **Réduction des coûts opérationnels** : cela s'avère utile car les inefficacités sont révélées et une meilleure utilisation des ressources énergétiques disponibles est effectuée, ce qui entraîne une diminution des dépenses de maintenance, de contrôle hydraulique, ainsi que de coût de prévention des pannes.

- **Gestion proactive de la demande** : Grâce à l'utilisation de l'analyse prédictive, l'ECS aidera l'entreprise à mieux gérer son activité puisque les gestionnaires pourront éviter de travailler à pleine charge et optimiser la capacité disponible. Ils peuvent éviter les pics de demande en répartissant l'utilisation des ressources. Cela permettra à l'entreprise d'être plus efficace malgré la taille des installations. Il contribue également à améliorer la fiabilité et la sécurité des opérations, car il assure le suivi grâce à la surveillance et au contrôle en temps réel.
- **Fiabilité et sécurité améliorées** : grâce à ses outils de surveillance et d'exploitation en ligne, ECS détient désormais un avantage concurrentiel sur les autres entreprises, car la première réduit la fiabilité du réseau électrique en évitant des temps d'arrêt coûteux du système et la seconde assure également des opérations ininterrompues.

### **SECTION 03 : Plan d'action et recommandations pour l'implémentation de l'IIoT et PIMS au sein de la Raffinerie d'Alger**

#### **1. Cadre et objectif de l'étude**

L'étude se base sur une analyse de la supply chain de la Raffinerie d'Alger de Sonatrach, avec pour objectif d'évaluer le processus de la supply chain et d'identifier les domaines prioritaires pour l'intégration des technologies de l'Industriel Internet of Things (IIoT), et du Pipeline integrity Management System (PIMS).

Pour réaliser cette étude, nous avons adopté une étude qualitative basée sur des entretiens semi-directifs pour recueillir des informations détaillées et structurées autour de quatre thèmes, chaque thème comportant un ensemble de questions spécifiques. Les entretiens ont été menés sur une période de trois mois dans différents départements, en programmant des périodes spécifiques séparées pour chaque équipe de travail, comptant entre 10 et 15 personnes. Ces équipes comprenaient notamment des ingénieurs en production, distribution, maintenance, inspection, informatique et planification. En intégrant des participants de différents niveaux hiérarchiques et ayant des responsabilités variées, nous avons pu obtenir une perspective diversifiée et enrichie des pratiques et des besoins de l'entreprise.

Les informations collectées lors des entretiens ont été analysées pour identifier les domaines où l'IIoT et le PIMS pourrait offrir des avantages significatifs. Les résultats de cette analyse permettront de mettre en évidence les priorités pour l'implémentation de ces technologies en

soulignant leur potentiel à soutenir l'entreprise dans ces objectifs d'optimisation des processus et de prise de décision basée sur les données.

Les conclusions tirées de cette étude fourniront une feuille de route pour l'intégration efficace des technologies IIoT et PIMS. Elles aideront à identifier les opportunités d'amélioration et à formuler des recommandations pour maximiser les avantages.

Nous résumerons ci-dessous les points clés des réponses recueillies lors des entretiens.

## **2. Présentation des réponses issues des entretiens**

### **Thème 01 : Gestion de l'inspection et de la maintenance dans la Supply Chain de la Raffinerie**

**Question 01 :** Pouvez-vous nous parler brièvement sur les étapes de la supply chain de la raffinerie ?

**Réponse 01 :** Les étapes de la Supply Chain d'une raffinerie

La supply chain d'une raffinerie est un mécanisme complexe visant à transformer les produits bruts en produits finis. C'est un ensemble des étapes interconnectées, chacune joue un rôle crucial dans l'efficacité globale de l'entreprise. Les principales étapes comprennent :

- L'équipe d'ordonnancement est responsable de planifier la production en fonction des demandes prévues, les niveaux de stocks actuels dans la raffinerie et les capacités de traitement.
- L'étape d'approvisionnement consiste à transporter les matières premières telles que le pétrole brut depuis les sources d'extraction jusqu'à la raffinerie par voie maritime, pipelines ou camion-citerne.
- Une fois les matières premières sont réceptionnées les équipes supervisent le déchargement des produits et stockage dans des réservoirs tels que les bacs de stockage, les sphères, etc., selon le type de produit. Ils assurent la surveillance du niveau de stock et la coordination des activités de réapprovisionnement.
- Cette étape permet d'appliquer les opérations de distillation, de craquage et de l'hydrotraitement pour séparer les matières brutes en plusieurs produits finis ou semi finis, éliminer les impuretés et les contaminants et améliorer la qualité des produits.
- Après, les produits finis sont stockés dans des réservoirs en attendant d'être expédiés aux clients ou sur le marché via divers moyens de transport.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

---

- Identification et gestion des risques potentiels liés aux pannes d'équipements, aux problèmes de transport et d'approvisionnement en matières premières, ou aux questions de sécurité et de conformité réglementaires.

**Question 02 :** Expliquez les types d'inspection chez la raffinerie et quand vous faites l'intervention ?

**Réponse 02 :** Types d'inspection des équipements

Pour un bon fonctionnement des équipements, la sécurité des opérations, et la conformité aux normes, l'organisation suit plusieurs types d'inspections pour détecter toutes sortes de problèmes :

- **Inspection visuelle :** c'est la première méthode et la plus simple pour évaluer l'état des équipements, elle permet d'effectuer une observation directe de la surface des équipements et de l'infrastructure à l'aide de l'œil humain ou bien en utilisant des dispositifs tels que des jumelles. Cette inspection vise à détecter les défauts et les anomalies visibles de la surface. Elle peut être réalisée en parallèle avec le travail. Cette méthode nécessite des formations pour reconnaître les signes de dégradation mais elle présente certaines limites, par exemple l'incapacité de détecter les anomalies internes. Cependant, cette méthode reste essentielle pour assurer la sécurité et la fiabilité des installations.
- **Control non destructif :**
  - ✓ **Contrôle par ressuage :** c'est une technique de contrôle non destructif qui sert premièrement à préparer la surface de l'équipement ou la partie à inspecter et la nettoyer soigneusement afin d'éliminer tout type de contamination. Une fois la surface est propre, il est nécessaire de d'appliquer une poudre blanche pour créer un fond unifié et de laisser cette poudre s'installer pendant une période. Ensuite, il faut appliquer une deuxième poudre rouge qui permettra de localiser visuellement les défauts tels que les fissures et d'évaluer chacun d'eux.
  - ✓ **Contrôle ultrasonique :** ce type de contrôle repose sur l'utilisation d'un appareil qui fonctionne avec un principe de rayonnement et des ondes soniques à haute fréquence et se propagent à travers le matériau. Les ondes sont converties en signaux électriques et traitées par des outils spéciaux qui mesurent le temps écoulé entre l'émission de l'onde, sa réception et l'intensité

du signal afin de déterminer la discontinuité, sa profondeur et sa taille.

- ✓ **Contrôle par magnétoscopie** : c'est une technique utilisée pour détecter les défauts de surface et de sous-surface. Avant de commencer l'inspection, il est nécessaire de nettoyer la surface à inspecter. Ensuite il faut appliquer des particules magnétiques sous forme d'une poudre, puis les attirées par le champ magnétique pour qu'elles rassemblent autour des zones affectées. Enfin une inspection visuelle est effectuée par des opérateurs qualifiés qui examinent et évaluent chaque défaut.
- ✓ **Contrôle par radiographie** : cette technique consiste à utiliser des rayons X ou des rayons gamma pour inspecter les équipements et détecter les défauts internes tels que les fissures, les corrosions et tous ce qui n'est pas visibles. C'est un outil qui permet d'envoyer un flux de signaux et des rayons, permettant finalement de créer une image radiographique. Les rayons propagent à travers la surface et atteignent un détecteur situé à l'autre côté. Les zones avec des défauts absorbent les rayons et montrent des images sombres alors que les zones avec moins d'anomalies s'afficheront plus claires. Enfin, les résultats obtenus sont analysés et évalués pour prendre les meilleures décisions.

Après la réalisation des contrôles et la détection des problèmes, l'intervention doit être planifiée et programmée en fonction des résultats et des interprétations des inspecteurs qualifiés, généralement ces contrôles sont effectués tous les 10 ans. Des visites internes et externes sont aussi réalisées tous les 3 ans par des prestataires externes spécialisées pour détecter les défauts et proposer des actions correctives, cela nécessite un arrêt temporaire des activités de la raffinerie et des couts supplémentaires.

**Question 03** : Comment les systèmes technologiques utilisés au sein de la raffinerie contribuent à la planification de la maintenance préventive et à la gestion des interventions correctives ?

**Réponse 03** : Suivi des équipements.

La raffinerie d'Alger utilise plusieurs systèmes et technologies pour surveiller l'état des équipements, maintenir la sécurité, la rentabilité et la fiabilité de toutes les activités. Ils jouent un rôle crucial pour assurer une bonne inspection et répondre aux défis opérationnels. Ces systèmes permettent :

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

---

- Une surveillance en temps réel de toutes les fonctionnalités des équipements par la collecte et l'analyse des données pour indiquer les problèmes potentiels.
- L'établissement d'un plan d'inspection périodique et de réparations préventives pour minimiser les temps d'arrêt et optimiser la disponibilité des installations.
- Une réaction rapide en cas des anomalies pour protéger les équipements.
- L'identification des causes des problèmes en proposant des recommandations pour corriger les erreurs.
- La conservation de l'historique des activités d'inspections et des réparations de chaque équipement pour anticiper les besoins.

**Question 04 :** Donnez-nous une idée générale sur les soupapes de sécurités en précisant la différence entre les soupapes de sécurité manuelles et automatiques ?

**Réponse 04 :** Soupape de sécurité

La soupape de sécurité est un dispositif important installé sur le dessus des bacs de stockage pour les protéger contre les dommages liés à la surpression, en cas de dépassement de la pression, la soupape s'ouvre pour libérer le surplus jusqu'à ce que la pression redescende au niveau normal.

La soupape est composée de plusieurs éléments et le plus stratégique est le ressort, lorsque la pression atteint un seuil programmé le ressort fait tout le travail pour évacuer le fluide. Ces soupapes permettent de protéger les équipements, les travailleurs et l'environnement. Leur bon fonctionnement est important pour prévenir les accidents et maintenir un entourage sécurisé.

- **Différence entre les soupapes mécaniques et les soupapes automatisées :**

Il existe deux types de soupapes de sécurité mécaniques et automatisées, dans la raffinerie d'Alger toutes les soupapes installées sont mécaniques. Voyons maintenant la différence entre les deux types :

- **Les soupapes mécaniques** : ce sont des outils qui fonctionnent selon un principe mécanique, elles sont calibrées puis installées sur les équipements de stockages et les réservoirs, voire même sur les canalisations de transport pour garantir qu'elles s'ouvrent et se ferment lorsqu'elles arrivent à un certain niveau de pression, afin de garder l'équipement en bon état. Ces soupapes doivent être inspectées régulièrement pour assurer le bon fonctionnement et faire les ajustements nécessaires. Elles sont moins fiables en raison de l'absence des outils électroniques et électriques, moins réactives aux pannes et dysfonctionnement. Parfois, ce type de soupape crache sans qu'on le rende compte ce qui peut causer l'explosion de l'équipement dont un danger sur l'environnement et les travailleurs.
- **Les soupapes automatisées** : ce sont des soupapes avec des capteurs intégrés et des systèmes développés par rapport aux soupapes mécaniques. Elles permettent de mesurer la pression et détecter si elle dépasse le seuil. Ces capteurs envoient des signaux aux systèmes pour suivre en temps réel l'état de la soupape et la pression, de réduire les risques des accidents. Si les soupapes rencontrent un problème cela est affiché immédiatement dans le système pour faire les actions correctives nécessaires.

**Question 05** : D'habitude comment vous faites l'inspection des pipelines ?

**Réponse 05** : Inspection des pipelines

Les pipelines sont des infrastructures stratégiques chargées de la distribution et la transportation du fluide lourd et léger, ces canalisations doivent toujours être en bon état pour un bon fonctionnement de l'activité de l'entreprise sans interception. La raffinerie d'Alger suit ces étapes pour réaliser l'inspection de ces canaux :

- **Planification et réparation des taches** : cette étape consiste à établir un plan détaillant toutes les étapes de l'inspection, avec les délais et les couts de chacune et à répartir les responsabilités et les droits entre les deux entreprises la sous-traitante et celle concernée par l'inspection de ses équipements.
- **Préparation de la surface** : avant de commencer l'inspection, la raffinerie doit préparer la surface pour l'installation des équipements du prestataire (nettoyer les zones pour éliminer les obstacles).

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

---

- **Préparation des équipements** : la raffinerie doit préparer ses équipements et vérifier leur fonctionnement pour faire une intervention en temps réel, rectifier les erreurs et remplacer les tronçons défectueux.
- **Préparation du personnel** : la raffinerie est responsable de définir les personnels nécessaires pour effectuer les interventions et toutes les activités liées, ainsi que de les équiper avec les vêtements de protection et les équipements de sécurité.

Les outils utilisés dans l'inspection des pipelines sont les suivants :

- **Passage d'un BidiTool** : un outil équipé de broches métalliques insérées dans les pipelines pour réaliser l'opération du raclage, déboucher et nettoyer l'intérieur du pipeline et éliminer tous les débris.
- **Passage d'une Caliper** : est un instrument de mesure pour collecter les informations sur les caractéristiques et les dimensions telles que le diamètre, l'épaisseur, etc., des pipelines pour faire une cartographie.
- **Passage d'un Profiler** : un dispositif intégré dans les canalisations pour les scanner, détecter les anomalies et les déformations et localiser les zones présentant un haut risque. Il est considéré comme un guide d'inspection, et il passe avant l'outil intelligent car il est moins cher.
- **Passage de l'Outil Intelligent (UT)** : basé sur les informations collectées par le profiler, l'UT est inséré dans les pipelines pour collecter des données plus précises à l'aide d'un principe ultrasonique. Il s'adapte à l'état des canaux pour détecter les problèmes et leurs types. Il existe 3 cas d'utilisation de l'outil:
  - **Cas 01** : Outil intelligent normalement inséré dans les canalisations
  - **Cas 02** : Adapter l'Outil Intelligent en fonction des pipelines
  - **Cas 03** : Problèmes profonds nécessitant le non passage de l'outil et la coupure des parties de pipelines.
- **AGM** : un système qui suit et localise l'emplacement de l'UT à l'intérieur des pipelines en cas de problème le système affiche les données.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

La raffinerie d'Alger est confrontée à un défi majeur en raison de l'absence d'un système centralisé, regroupant toutes les données collectées par les outils d'inspection, les traitant, les analysant et les interprétant pour une meilleure prise de décision. Les opérateurs utilisent des méthodes manuelles et des outils standards tels que Excel, ce qui peut causer plusieurs problèmes de cohérence, de temps et de qualité.

### Thème 02 : Analyse des coûts et des délais de réparation.

**Question 01 :** Pourriez-vous nous informer sur les coûts habituels et les délais nécessaires pour réparer les soupapes de sécurité ?

**Réponse 01 :** Coûts et délais de réparation des soupapes de sécurité.

Cette partie se focalise sur les coûts et les délais de l'inspection, la réparation, la maintenance des équipements industrielles plus précisément les soupapes de sécurité, pour comprendre combien cela coûte et combien de temps cela prend.

*Tableau IV.01 : Coûts et délais des soupapes de sécurité*

Détails	Coûts	Délai
Coûts de la main d'œuvre pour réparer ou remplacer les soupapes de sécurité (frais des techniciens, des inspecteurs..)	20 000 000,00 DZD < X < 100 000 000,00 DZD	8 mois < Y < 24 mois
Coûts de retraits des soupapes défectueuses		
Coûts de réparation des soupapes (démontage, brossage, contrôle, sablage, microbillage, rodage, tarage, plombage)		
Coûts des pièces de rechanges		
Coûts de de remplacement et de changements des soupapes		
Coûts de tests et de vérification		
Coûts liés à l'arrêt de fabrication		

**Source :** Elaboré par nous-même

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

**Commentaire :** Le tableau résume les couts en Dinars Algériens (DZD) et les délais en moins pour l'inspection, la réparation et la maintenance des soupapes de sécurité. Les couts sont répartis en plusieurs catégories : les couts directs tels que la main d'œuvre, le retrait des soupapes défectueuses, la réparation, et les couts indirects qui se résument dans les couts d'arrêt de fabrication des produits finis. Pour la durée, elles sont réparties en fonction de la complexité des opérations effectuées.

**Question 02 :** Quels sont les couts et les délais impliqués dans la réparation des pipelines et dans le traitement des données issues des inspections ?

**Réponse 02 :** Couts et délais de réparation et inspection des pipelines.

L'inspection des pipelines est essentielle non seulement pour détecter les incidents et les anomalies, mais aussi pour planifier les réparations et la maintenance des infrastructures. Dans cette étape, nous aborderons de près les couts et les délais de ces opérations, ainsi que les délais de traitement des données collectées par les outils.

*Tableau IV.02 : Couts et délais pour les pipelines*

Détails	Couts d'un tronçon	Délai d'un tronçon	Délai de traitement des données
Couts de la mains d'œuvre	5 200 000,00 DZD < X < 15 000 000 ,00 DZD	6 mois < Y < 12 mois	Plus de 3 mois
Couts de préparation de la surface			
Couts des équipements d'intervention			
Couts d'inspection des pipelines			
Couts d'arrêt de transportation			
Couts de tests et vérification			
Couts des pièces de remplacement			

**Source :** Elaboré par nous même

**Commentaire :** Le tableau représente une estimation des couts et des délais d'inspection et de maintenance des canalisations de transport de fluides, qui peuvent être supérieurs à 20

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

---

milliards de dinars algériens pour un tronçon de pipeline et les délais entre 6 et 12 mois voire même plus de 12 mois selon la complexité du travail et la disponibilité des équipements.

**Interprétation :** Les couts et les délais pour l'inspection, la réparation et la maintenance des soupapes de sécurité sont importants parce qu'ils impactent directement la production et l'activité de la raffinerie. Il est donc essentiel de planifier ces interventions pour minimiser les interruptions.

De même, les couts d'inspection, de réparation et de maintenance des pipelines sont également critiques car ils influencent la distribution des liquides ce qui va entraînant des retards dans la réponse à la demande du marché externe.

Les délais nécessaires pour effectuer toutes ces opérations sont longs et varient en fonction de la complexité de l'état des équipements. Il est donc impératif de planifier et de budgétiser les activités d'intervention et d'amélioration des infrastructures.

Finalement, il est crucial de mettre en place des systèmes de gestion efficace pour traiter les données collectées dans les plus courts délais afin de minimiser la durée de traitement ce qui favorise la réactivité opérationnelle.

### Thème 03 : Défis et Ajouts de l'implémentation des IIoT et PIMS

**Question 01 :** Comment anticipez-vous que l'IIoT et le PIMS affecteront la collaboration entre les différents départements ?

**Réponse 01 :** Collaboration inter-département

La connexion des machines avec les systèmes technologiques au sein de la raffinerie peut révolutionner la collaboration interdépartementale en offrant les avantages suivants :

- **Amélioration de la communication :** Assurer une meilleure communication et un partage des données entre les différents départements grâce à un accès centralisé des données en temps réel ainsi qu'à l'historique, ce qui facilite l'identification et la résolution des problèmes.
- **Coordination des taches :** Permettre une planification efficace des interventions pour minimiser les interruptions non nécessaires et établir un calendrier synchronisé de la maintenance.

- **Réduction des silos** : sert à créer une plateforme centralisée et commune entre les différents départements pour partager les informations de manière efficace, faciliter la collaboration et organiser des réunions interdépartementales pour discuter des opérations et des défis rencontrés et trouver les solutions possibles pour une prise de décision collaborative.
- **Automatisation** : Automatiser les tâches répétitives liées au suivi et à la collecte des informations afin de réduire les erreurs humaines et d'améliorer l'efficacité (envoi des notifications, des alertes...).
- **Formations et compétences** : L'implémentation de ces technologies nécessite une formation continue des équipes et des programmes de développement des compétences et des capacités

**Question 02** : Quels sont les principaux défis rencontrés dans l'inspection ?

**Réponse 02** : Défis de l'inspection

L'inspection des équipements et des infrastructures d'une raffinerie est une étape importante pour une meilleure sécurité et une protection humaine et environnementale. Cependant, elle se confronte à plusieurs défis majeurs nécessitant des solutions et des approches proactives :

- **Problème d'accessibilité** : certains équipements sont difficiles à inspecter parce qu'ils se situent dans des zones inaccessibles en hauteur ou sous terre.
- **Contraintes de temps et de couts** : les inspections régulières prennent beaucoup de temps et d'argent.
- **Sécurité des inspecteurs** : les inspections régulières sur le terrain peuvent causer des risques pour la sécurité des inspecteurs (des explosions, des produits chimiques...)
- **Fréquence d'inspection** : la raffinerie effectue souvent des opérations d'inspection régulières qui sont couteuses et nécessitent des ressources pour leur réalisation.
- **Maintenance prédictive** : la mise en place d'une stratégie de maintenance prédictive nécessite la collecte et le traitement des données pour une prise de décision correcte.
- **Gestion et intégration des données** : la raffinerie utilise des logiciels non intégrés pour la gestion des données cela présente une complexité pour analyser les données collectées.
- **Qualité et volume des données** : les opérateurs génèrent un volume important de données, ce qui prend du temps à traiter.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IOT

---

- **Analyse et traitement des données** : les logiciels actuels traditionnels ne sont pas assez puissants et n'ont pas la capacité pour détecter en profondeur les anomalies, les pannes et les défaillances.
- **Manque de visibilité et réactivité insuffisante** : une visibilité limitée sur l'état des équipements et des retards dans la prise de mesures correctives.

**Question 03** : Quels sont les bénéfices de l'implémentation des IIoT dans les soupapes de sécurité et l'intégration du programme PIMS ?

**Réponse 03** : Bénéfices de l'implémentation des IIoT et du PIMS

L'implémentation des outils développés dans les équipements de la raffinerie offre des bénéfices significatifs pour mieux gérer les actifs, anticiper les problèmes potentiels et optimiser les opérations de productions et de distribution, améliorer la performance et se préparer à répondre aux défis de manière efficace. Entrant dans les détails des bénéfices de cette application :

- **Surveillance et maintenance prédictive** : L'installation des IIoT dans les soupapes de sécurité permet une surveillance continue de leur état, de collecter des données en temps réel sur les différents paramètres, et détecter les anomalies et les dysfonctionnements avant qu'ils ne causent des défaillances majeures, permettant des interventions rapides. Pour le PIMS il analyse les données collectées par les outils d'inspection pour identifier les pannes potentielles et programmer un plan de maintenance proactive pour éviter les réparations coûteuses.
- **Amélioration de la sécurité et la conformité** : La détection des anomalies par les dispositifs IIoT permet de minimiser les risques et les accidents industriels tels que les explosions et les fuites. Les systèmes garantissent la conformité réglementaire en fournissant des enregistrements détaillés et des rapports pour le suivi et la traçabilité.
- **Optimisation de l'efficacité opérationnelle** : Les données collectées fournissent une visibilité accrue sur le fonctionnement des infrastructures pour une meilleure optimisation des opérations et une amélioration de la productivité.
- **Réduction des coûts d'exploitation** : La mise en place de ces technologies facilité la maintenance réactive avec moins temps d'arrêt, des coûts de réparation réduits, une meilleure disponibilité des équipements et la réduction des pertes de production non planifiée.

- **Intégration et analyse avancée des données** : les systèmes offrent une fonctionnalité d'une plateforme intégrée pour le traitement des données et l'analyse, facilitant ainsi la prise de décision.
- **Prise de décision informée** : basée sur des données concrètes en temps réel pour des décisions précises et efficaces.

#### **Thème 04 : Sécurité et résilience des systèmes IIoT et PIMS**

**Question 01** : Comment les risques de cyberattaques sont-ils mitigés dans l'infrastructure PIMS de la raffinerie ?

**Réponse 01** : Mesures de sécurité

Pour protéger les données collectées contre les cyberattaques, il faut mettre en place plusieurs mesures de sécurité :

- **Les pare feux et systèmes de détection des menaces** : ces systèmes jouent un rôle crucial dans la protection des systèmes, surveillent et contrôlent en temps réel tout le réseau pour identifier et bloquer les activités suspectes et faire des interventions rapides.
- **Mises à jours et correctifs régulières** : un programme assure que toutes les mises à jour de sécurité sont installés dès qu'elles sont disponibles c'est-à-dire proposer les correctifs nécessaires pour tous les systèmes. L'automatisation des mises à jour des systèmes pour une application rapide et faire des tests pour assurer qu'ils n'affectent pas négativement les systèmes.
- **Formations et sensibilisation** : former les employés sur les bonnes pratiques de cyber sécurité pour renforcer la sécurité globale et réduire les erreurs humaines, faire des simulations de cyberattaques pour tester la capacité des opérateurs à réagir rapidement aux menaces.
- **Plan de réponse aux incidents** : ce plan doit inclure les procédures pour identifier les problèmes, évaluer rapidement les risques et définir les étapes de récupération ou de remédiation avec des équipes formées prêtes à appliquer les actions opérationnelles, avec une communication claire avec les acteurs.

**Question 02** : Quels sont les processus de vérification et d'audit des systèmes IIoT et PIMS pour assurer la conformité avec les réglementations industrielles ?

**Réponse 02** : Processus de vérification et d'audit

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IIOT

---

Pour garantir la conformité des systèmes, plusieurs processus de vérification et d'audit sont mis en œuvre :

- **Audits internes réguliers** : des audits sont planifiés à intervalles réguliers pour examiner en détails la conformité des systèmes avec les normes industrielles et de sécurité. Ces audits sont réalisés par des experts d'audit.
- **Inspections externes** : des inspections sont effectuées par des organismes et des tierces parties indépendantes pour vérifier que les systèmes respectent les normes.
- **Suivi des indicateurs de conformité** : aide à évaluer et maintenir la conformité des systèmes tout au long leur cycle de vie opérationnel en utilisant des KPIs spécifiques pour faire des mesures. Des tableaux de bord pour visualiser et suivre les objectifs et recommander les ajustements nécessaires.
- **Documentation rigoureuse** : des documents détaillant les politiques de sécurité et les guides de configurations doivent être actualisés et mis à jour régulièrement.

### ❖ Synthèses des réponses de l'entretien

En analysant toutes les réponses des entretiens effectués avec les responsables dans la Raffinerie d'Alger de Sonatrach, il apparaît qu'elle fait face à plusieurs défis dans la gestion de sa supply chain et la maintenance des équipements. L'inspection des pipelines est limitée par des processus de traitement manuel. Les systèmes utilisés actuellement sont traditionnels et nécessitent des améliorations pour optimiser la réactivité, réduire les coûts, améliorer la sécurité et la performance globale.

L'analyse des coûts et des délais met en lumière les dépenses et le temps d'inspection, la réparation et la maintenance des équipements tels que les pipelines et les soupapes de sécurité. Les coûts associés regroupent la main-d'œuvre, le retrait des parties défectueuses, les coûts indirects liés à la production et à la distribution, et les délais varient en fonction de la complexité des opérations. Cela souligne l'importance de la planification basée sur le traitement des données pour réduire les impacts économiques.

Les défis de l'inspection incluent plusieurs problèmes d'accessibilité, des contraintes de temps et de coûts, des risques pour la sécurité et des difficultés dans l'analyse des données. L'intégration de nouvelles technologies pourrait améliorer la communication entre tous les départements et accroître l'efficacité. L'implémentation de ces technologies offrirait des avantages significatifs pour la Raffinerie.

❖ **Les recommandations**

- Investir dans des systèmes intégrés et centralisés tels que PIMS pour regrouper toutes les données d'inspection permettant une analyse et une prise de décision plus rapide.
- Equiper les soupapes de sécurité avec des capteurs IIoT pour une surveillance en temps réel des paramètres.
- Former et offrir des programmes continus aux personnels pour développer leurs compétences.
- Planifier des interventions et organiser les interruptions nécessaires.
- Automatiser certaines tâches administratives répétitives associées à la collecte des données et le suivi.
- Mettre en place des stratégies pour réduire les couts et les délais des inspections.
- Installer des technologies avancées pour renforcer la sécurité.
- Adopter des systèmes de maintenances prédictives pour réduire les temps d'arrêt
- Créer une plateforme commune pour le partage et la collaboration entre tous les départements et assurer une communication claire et transparente.
- Suivre les performances des technologies en évaluant leur impact sur la performance opérationnelle à l'aide des indicateurs clés.

**3. Proposition d'un plan d'action pour l'implémentation des IIoT et PIMS au sein de la Raffinerie d'Alger – Sonatrach**

Les plans d'action ont été élaborés en collaboration avec les ingénieurs de la raffinerie :

**3.1. Plan d'action pour l'implémentation des IIoT**

**3.1.1. Définir le projet**

**3.1.1.1. Présentation du projet**

Le projet vise à intégrer les technologies de l'Internet Industriel des Objets (IIoT) pour optimiser chaque étape de la supply chain, permettre une prise de décision rapide et précise, améliorer la gestion et l'efficacité des hydrocarbures au sein de la Raffinerie d'Alger pour assurer des opérations fluides, rentables et durables, prévoir et prévenir les problèmes potentiels, améliorer la planification de la maintenance, rationaliser les processus logistiques et maximiser l'utilisation des ressources.

## CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIGITALISATION DE SONATRACH ET RECOMMANDATION POUR L'IMPLEMENTATION DE PIMS ET L'IOT

---

Cette initiative a pour but de surmonter plusieurs défis en exploitant les avantages des technologies émergentes. Ils permettront la collecte en temps réel de données provenant des capteurs installés sur les équipements de la raffinerie. Ces données seront ensuite intégrées et analysées pour une visibilité complète sur l'état des actifs, les performances opérationnelles et les tendances de la chaîne d'approvisionnement.

Cela représente un engagement ferme de Sonatrach envers l'innovation technologique et l'amélioration continue de ses opérations, visant à renforcer sa position en tant que leader dans le secteur de l'énergie.

### 3.1.1.2.Objectifs visés

- Amélioration de la sécurité des opérations, en réduisant les accidents, les incidents et tous les problèmes de sécurité grâce à une surveillance continue des équipements.
- Optimisation de la maintenance préventive en réduisant les temps d'arrêt non planifiés par la mise en place d'un planning de la maintenance prédictive basée sur l'analyse des données collectées par les capteurs IIoT.
- Augmentation de l'efficacité opérationnelle en optimisant l'utilisation des ressources par l'identification des goulots d'étranglement et les inefficacités dans tous les processus grâce à l'analyse des données.
- Renforcement de la résilience opérationnelle en améliorant la capacité de réaction aux imprévus, les pannes et toutes autres types de perturbations en fournissant aux décideurs des informations en temps réel sur la situation opérationnelle.
- Amélioration de la prise de décision par la fourniture des informations précises en temps réel sur l'état des équipements.
- Optimisation de la main d'œuvre par une planification avancée basée sur les données fournies par les capteurs pour ajuster le nombre de travailleurs en fonction des besoins et en réduisant les coûts et les délais inutiles.
- Réduction des défauts de production grâce à une surveillance et un contrôle plus précis des processus de fabrication, améliorant ainsi la qualité des produits finis.

### 3.1.1.3.Outils nécessaires pour l'intégration des IIoT

Pour une implémentation réussite des IIoT voici une liste des principaux outils nécessaires :

- **Capteurs IIoT** : des technologies adaptées aux besoins pour surveiller l'état des équipements par la collecte et l'analyses des données tel que la température, la pression, etc.

- **Infrastructure de communication** : mettre en place une infrastructure fiable pour assurer la transmission fluide des données collectées par les capteurs vers les systèmes de gestion et d'analyse.
- **Plateforme IIoT** : opté pour une plateforme logicielle pour gérer les données collectées en temps réel (stockage sécurisé, une analyse avancée et une visualisation claire).
- **Système de gestion des données** : intégrer un système de gestion des données bien organisé pour structurer les informations collectées, faciliter leur analyse et réaliser des rapports pertinents.
- **Outils d'analyse et de visualisation** : mettre en œuvre des outils d'analyse sophistiqués pour interpréter les données collectées, identifier les tendances et les anomalies, et prendre des décisions éclairées, ainsi des outils de visualisation pour présenter les informations de manière claire et compréhensive.
- **Système de maintenance prédictive** : insérer un système de maintenance prédictive pour anticiper les défaillances des équipements, planifier les interventions de maintenance proactives et réduire les temps d'arrêt imprévus.
- **Solutions de sécurité des données** : qui vise à protéger les informations sensibles contre les menaces potentielles et garantir la confidentialité et l'intégrité des données.
- **Formation et compétences** : offrir des formations spécialisées au personnel sur l'utilisation des nouveaux systèmes et technologies, et favoriser le développement des compétences nécessaires pour une meilleure gestion du projet.
- **Partenariats et expertise** : faire des partenariats stratégiques avec des fournisseurs de solutions et des experts en technologie, afin de bénéficier de leur expertise et de leur expérience.

### **3.1.2. Formulation des exigences techniques**

Dans cette phase il est essentiel de prendre en considérations plusieurs éléments dans le choix des capteurs pertinents et qui répond au besoin de l'équipement :

#### **3.1.2.1. Capteurs et niveau d'intelligence**

Dans le cadre de notre étude, basée sur l'installation des capteurs dans les soupapes de sécurité, il est essentiel d'évaluer les besoins spécifiques de surveillance tels que la température, la pression et le débit à l'intérieur des bacs de stockage. Ces données jouent un rôle spécial dans le maintien de la sécurité des équipements et des opérations.

Les capteurs doivent être en mesure de fournir des informations précises et fiables même dans des conditions environnementales strictes. Les capteurs de pression doivent être capables de détecter toutes les variations susceptibles de contribuer à la création des anomalies et de dysfonctionnements de la soupape ou de l'équipement dans son ensemble. Pour les capteurs de la température ils doivent être robustes et capables de fournir des informations précises même sous des températures extrêmes, de même que pour le débit.

De plus, étant donné que la soupape de sécurité est un élément fixe des équipements, les capteurs seront installés de manière permanente, il est donc nécessaire d'assurer qu'ils sont mis en place de manière sécurisée pour résister aux variations internes et externes pour garantir la durabilité dans un environnement industriel rigoureux.

Au final il est plus avantageux d'opter pour des capteurs avec un niveau d'intelligence élevé, une capacité de traitement des informations en temps réel, réduisant ainsi la charge sur les systèmes centraux et améliorant l'efficacité et la réactivité.

#### **3.1.2.2. Gestion de l'énergie**

Dans cette étape il est primordial de faire une évaluation approfondie des besoins énergétiques des dispositifs IIoT pour quantifier la consommation d'énergie potentielle pour chaque composant, afin de garantir que les ressources énergétiques sont allouées de manière optimale et le bon fonctionnement.

De plus, il est important d'identifier les opportunités d'optimisation afin de réduire la consommation de l'énergie. Cela peut inclure l'utilisation des technologies économes en énergie, tels que des capteurs à faible consommation d'énergie et des dispositifs de communication à faible puissance pour maximiser la durée de vie opérationnelles des capteurs. De plus, il est impératif de définir des seuils de consommation de l'énergie acceptables à ne pas dépasser.

#### **3.1.2.3. Sécurité des données et confidentialité**

Pour assurer une sécurité en temps réel et une protection des informations contre les cybermenaces émergentes plusieurs mesures de sécurité doivent être intégrées :

- L'authentification forte des utilisateurs et des dispositifs garantis que seules les personnes autorisées ont accès aux systèmes.
- Le pare-feu et de système de détection des intrusions pour surveiller les activités suspectes et prévenir les attaques potentielles.

- Le cryptage des données pour assurer la confidentialité leur de la transmission et de leur stockage et les données seront protégées contre les accès non autorisés.

Pour les données les plus sensibles, des mécanismes de contrôles d'accès stricts qui offre l'accessibilité uniquement aux utilisateurs autorisés doivent être installé par la mise en place des politiques de pseudonymisation pour protéger les données.

De plus, la conformité aux normes de la sécurité de l'information est une priorité, cela nécessite la programmation des séances audits de sécurité régulières et assurer une formation continue des personnels pour améliorer la performance et sensibiliser les employés. Enfin, une surveillance continue des systèmes et favorable aussi pour détecter tous les comportements anormaux et réagir rapidement.

### **3.1.3. Gestion des données**

Cette phase regroupe plusieurs étapes et fonctionnalités :

- **Collecte des données** : C'est la première étape fondamentale qui nécessite la mise en place de système sophistiqués pour la collecte des données à partir des capteurs. Chaque capteur est responsable sur la collecte des informations spécifiques, ils peuvent être installé sur les soupapes de sécurité pour surveiller différents paramètres tels que la pression, la température, le débit, les vibrations et plus d'autres. Les données collectées sont ensuite transmises vers des passerelles pour faire le prétraitement avant d'être stockés, les systèmes de collecte de données doivent être robustes, fiables et sécurisés afin de garantir l'intégrité et la disponibilité des données en tout temps.
- **Analyse des données** : Dans cette étape, il est nécessaire d'intégrer des logiciels d'analyse des données pour faciliter l'interprétation d'une vaste quantité d'informations recueillies à partir des capteurs déployés. Ces logiciels transforment les données brutes ou les codes en informations plus compréhensibles et exploitables, telles que des schémas et des tableaux de bord, permettant ainsi de visualiser la réalité opérationnelle. Ils utilisent une variété de techniques, notamment des algorithmes, de l'apprentissage automatique et de l'intelligence artificielle, pour définir les tendances en temps réel, anticiper les événements futurs, mettre en place des actions correctives et préventives, et prendre des décisions proactives.

- **Traitement des données :** L'objectif principal de cette étape est d'optimiser la qualité et la pertinence des données collectées et les rendre exploitables. Cela implique la mise en place de systèmes pour nettoyer les données en éliminant les erreurs et en supprimant celles qui sont redondantes ou inutiles. Après les données sont transformées et organisées de manière à créer une base de données structurée, facilitant ainsi leur stockage, leur recherche et leur utilisation ultérieure.
- **Stockage des données :** L'importance de cette étape réside dans la disponibilité des informations nécessaires à l'analyse et à la prise de décision. Tout d'abord, il est essentiel de déterminer la volumétrie des données collectées, c'est-à-dire la quantité de données générées par les capteurs déployés dans la raffinerie, elle pourrait être significative. Certaines données peuvent nécessiter une conservation à long terme pour l'analyse historique des tendances, tandis que d'autres peuvent être supprimées après une période définie pour libérer de l'espace de stockage et réduire les coûts.
- **Logiciel de gestion des données :** Le logiciel est essentiel dans la prise de décision stratégique, la planification des opérations de maintenance et la gestion des actifs industriels. Ses caractéristiques et ses fonctionnalités doivent être relativement adaptées à la structure organisationnelle de l'entreprise, à ses processus opérationnels et à ses exigences de conformité. Ainsi, pour exploiter efficacement de vastes volumes de données générées par les capteurs IIoT, une solution peut être mise en œuvre pour les objectifs susmentionnés :
  - ✓ L'optimisation des opérations de maintenance en permettant une gestion proactive des actifs.
  - ✓ La planification prédictive des interventions de maintenance en fonction des données en temps réel sur l'état des équipements.
  - ✓ L'optimisation des ressources et des coûts associés à la maintenance préventive et corrective.
  - ✓ La surveillance en temps réel de la performance des équipements.
  - ✓ La génération automatique de rapports.

#### **3.1.4. Paramètres et acteurs du projet**

Premièrement, il est nécessaire de faire une évaluation du budget disponible et d'effectuer une analyse des coûts prévus : l'achat d'IIoT-senseurs, l'équipement auxiliaire, les systèmes logiciels pour la gestion de données, coût de main-d'œuvre et coût de formation.

De plus, la détermination des compétences et qualifications nécessaires est une étape clé pour la réalisation et la gestion du projet. Cela peut englober l'expertise en génie des systèmes, en informatique industrielle, en sécurité des données et la disponibilité de personnel qualifié pour installer, configurer et entretenir les équipements et logiciels.

#### **3.1.4.1. Impliquer les parties prenantes internes et externes**

Les acteurs internes et externes doivent être impliqués dès le début du projet, ils peuvent fournir une expertise technique et opérationnelle cruciale pour guider la création et l'implémentation des solutions IIoT. Ces acteurs ont la capacité d'apporter leur expertise spécifique dans le même domaine, de proposer des solutions technologiques innovantes et de travailler en étroite collaboration avec l'équipe interne pour concevoir et implanter des systèmes IIoT efficaces adaptés aux besoins de la raffinerie. Voici les acteurs principaux nécessaires pour réaliser le projet :

- **Ingénieurs en instrumentation et contrôle** : responsables sur la conception, l'installation et la maintenance des systèmes de capteurs et de contrôle pour surveiller et réguler les soupapes de sécurité, assurer que les capteurs IIoT sont configurés et intégrés correctement dans le système global de la raffinerie.
- **Ingénieurs en informatique industrielle** : Ils sont responsables de mettre en place les infrastructures informatiques requises pour collecter, stocker, traiter et analyser les données provenant des capteurs IIoT. Ils garantissent aussi la sûreté et l'accessibilité des systèmes informatiques employés dans le projet.
- **Techniciens en maintenance** : Ils sont responsables de l'installation, la configuration et la maintenance des capteurs IIoT sur le terrain. Leur rôle est crucial pour la gestion quotidienne des équipements et la résolution de tout problème technique.
- **Experts en sécurité informatique** : leur mission est de protéger les données sensibles collectées par les capteurs IIoT contre les cybers attaques.
- **Consultants en IIoT** : ces acteurs possèdent une expertise spécialisée dans le domaine des IIoT et peuvent conseiller l'équipe interne sur les meilleures pratiques, les technologies émergentes et les stratégies de déploiement.
- **Spécialistes en gestion de projet** : ils sont responsables de la coordination et de la supervision de toutes les activités associées au projet, notamment la planification, l'exécution, le suivi et le reporting. Ils garantissent aussi la communication efficace entre les parties prenantes et s'assurent que les délais et le budget sont respectés.

- **Experts en analyse des données** : ils ont une connaissance avancée dans le traitement et l'analyse des données collectées par les capteurs IIoT et ont pour fonction d'extraire des informations précieuses à partir de données non traitées, de repérer des tendances, des schémas et des anomalies et puis de proposer des recommandations.
- **Ingénieurs en sécurité industrielle** : Il est de la responsabilité de ces experts d'évaluer les risques associés à l'intégration des IIoT dans les opérations raffinerie et de mettre en œuvre des mesures adéquates de sécurité et de prévention

#### **3.1.4.2. Formation du personnel**

Tout d'abord il est essentiel d'identifier les besoins de formation pour les personnels, et mettre en œuvre un programme structuré incluant des sessions et des ateliers pour garantir le succès de ce projet et assurer que les employés sont pleinement préparés. Il existe plusieurs types de formations voici les plus importantes :

- **Formation sur les technologies IIoT** : le but est de former les personnels et leur donner une vue fondamentale sur les concepts, les principes, le fonctionnement et les fonctionnalités des capteurs.
- **Formation sur les capteurs et les dispositifs connectés** : cette formation vise à faciliter la compréhension des différents types de capteurs utilisés, leur installation, leur configuration et leur maintenance.
- **Formation sur la collecte et l'analyse des données** : cette formation se concentre sur l'enseignement des employés sur l'utilisation des logiciels d'analyse des données, des applications et des bases de données.
- **Formation sur la sécurité informatique** : cette formation a pour but de sensibiliser les personnels sur les risques de sécurité, et leur donner des pratiques pour protéger les données contre les attaques.
- **Formations sur les nouveaux de processus et les meilleurs pratiques** : peuvent inclure des formations sur la maintenance préventive, la gestion des alertes et alarmes et plus d'autres l'objectif est de rendre les employés plus compétents.
- **Formation sur la gestion des risques** : pour donner des idées générales sur la gestion des risques afin d'aider le personnel à repérer, évaluer et réduire les risques potentiels liés à l'utilisation de l'IIoT.

### **3.1.5. Trouver le bon partenaire et faire confiance aux experts**

Cette phase comprend la réalisation des recherches et d'appels d'offres pour trouver des partenaires appropriés, dans le but de travailler avec des entreprises et des fournisseurs possédant l'expertise nécessaire pour garantir une mise en œuvre réussie de l'IIoT dans les soupapes de sécurité, il est nécessaire de suivre les points suivants :

- **Sélectionner des partenaires et des fournisseurs dotés d'une expertise avérée :**  
Cette étape nécessite une recherche approfondie pour identifier des partenaires potentiels possédant une grande expérience dans les secteurs de l'IoT industriel. Il est important de vérifier ses réalisations passées, assurer leur compréhension des enjeux spécifiques rencontrés par l'industrie pétrolière et gazière, ainsi que de leur capacité à apporter des solutions adaptées à ces enjeux, en se basant sur des projets dans des domaines similaires et les retours d'expérience des clients précédents.
- **Faites confiance aux experts en IA embarquée, en gestion de l'énergie et en connectivité :** Pour concevoir et déployer des solutions IoT industrielles efficaces, il est essentiel de collaborer avec des experts en intelligence artificielle embarquée, en gestion de l'énergie et en connectivité. L'intégration de l'intelligence artificielle permettra une surveillance en temps réel des équipements, tandis que la gestion de l'énergie garantira une utilisation optimale des ressources et augmentera l'autonomie des appareils IoT industriels. De plus, une connectivité solide assurera un transfert de données sécurisé.
- **Évaluer la capacité des partenaires à anticiper les évolutions technologiques :**  
Dans un domaine en évolution comme l'IoT industriel, il est essentiel de travailler avec un partenaire capable d'anticiper les tendances technologiques et de fournir des solutions évolutives et adaptatives. Les partenaires sélectionnés doivent avoir de grandes capacités dans l'innovation, suivre les avancées technologiques et adapter leurs solutions.

### **3.1.6. Déploiement**

- **Tester les solutions IIoT sur un site pilote :** il faut choisir un site représentatif pour essayer les capteurs superviser par des ingénieurs et des techniciens spécialisés pour évaluer leur fonctionnement dans des conditions réelles avant l'implémentation finale. Pendant cette phase l'équipe doit surveiller attentivement les capteurs et identifier tous les signes anormaux afin de les ajuster.

- **Réaliser un radio mapping** : cette étape est essentielle avant l'installation des capteurs, visant à garantir une couverture de communication optimale dans toute la raffinerie. Une équipe spécialisée dans la communication sans fil est mobilisée pour mesurer les niveaux de signal et évaluer la qualité de la connectivité. Cette équipe identifie aussi les emplacements stratégiques pour installer les équipements de communication, afin de garantir une couverture optimale. Une fois le radio mapping est terminé un rapport est établi pour résumer l'état de couverture et de connectivité, ainsi que pour proposer des recommandations visant à assurer une mise en place efficace des dispositifs.
- **Installer et démarrer les capteurs** : une équipe de technicien installe des capteurs aux endroits identifiés lors de la cartographie radio. Elle garantit que les capteurs sont correctement connectés au système de communication et les configure pour transmettre des données en temps réel.
- **Effectuer un décodage des données collectées** : cette opération consiste à convertir les données brutes transmises par les capteurs en des informations plus compréhensibles. Ensuite, les données seront traitées par des algorithmes et des techniques spécifiques, puis décodées également afin de conserver les plus pertinentes, de détecter les anomalies et de les résoudre immédiatement.

### **3.1.7. Suivi et amélioration continue**

- **Mettre en place un système de suivi et de surveillance** : pour garantir un fonctionnement continu et fiable. Ce système permet de suivre et surveiller en temps réel les dispositifs, de visualiser les données afin de détecter rapidement les événements critiques, et de réaliser des inspections régulières pour planifier les activités de maintenance.
- **Identifier les ajustements et les améliorations nécessaires** : cette étape consiste à identifier les points d'amélioration, définir les causes des anomalies et les écarts par rapport aux objectifs, proposer des ajustements et des modifications et mettre en place des plans d'action.

## **3.2. Plan d'action pour l'implémentation du PIMS**

### **3.2.1. Définir le projet**

#### **3.2.1.1. Présentation du projet**

Ce projet vise à installer un système de gestion de l'intégrité des pipelines afin de garantir la sécurité, la fiabilité et l'efficacité des opérations du transport des hydrocarbures. Il consiste également à assurer une surveillance proactive, une gestion efficace de l'état des pipelines, à prévenir les incidents, à minimiser les risques et à optimiser leur durée de vie. L'objectif principale est d'offrir une visibilité accrue sur l'état des canalisations, en recueillant en temps réel des données, en identifiant les zones à risque, en détectant les anomalies et en réduisant les temps d'arrêt non planifié. Cela permettra de protéger l'environnement et les équipements en prenant des mesures préventives. Cette initiative montre l'engagement de l'entreprise envers l'excellence opérationnelle et la durabilité et renforcera la sécurité et la responsabilité environnementale.

#### **3.2.1.2. Objectifs visés**

Par l'installation du système PIMS l'entreprise vise à atteindre plusieurs objectifs :

- Fournir une visibilité sur l'état des pipelines en temps réel, détecter les anomalies tel que les fuites, les fissures, les corrosions et prendre des actions correctives.
- Anticiper les réparations, fixer les dates d'intervention pour éliminer le gaspillage et éviter les coûts élevés.
- Une planification des inspections et des remplacements des tronçons pour minimiser les temps d'arrêt non planifiés et améliorer la disponibilité des canalisations afin d'assurer une livraison fiable et continue.
- Optimisation de la performance et une prise de décision éclairée.

#### **3.2.1.3. Outils nécessaires pour l'intégration du PIMS**

- **Un logiciel PIMS** : spécialisé dans la collecte, le stockage, l'analyse et la visualisation des données provenant des équipements utilisés dans les opérations de l'inspection
- **Equipement de communication** : pour assurer une transmission fiable des données des dispositifs sans fil, des réseaux satellites, etc.
- **Infrastructure informatique** : pour gérer et héberger les données y compris les serveurs, les systèmes de stockage et les dispositifs de sécurité pour protéger les données sensibles.

#### **3.2.1.4. Acteurs impliqués**

- **Chef de projet** : il est responsable de coordonner toutes les activités liées à l'installation du système. Il planifie, organise, contrôle et supervise chaque étape du projet. En plus de cela, le chef de projet maintient une communication étroite entre toutes les parties impliquées, favorisant ainsi une collaboration efficace pour atteindre les objectifs fixés.
- **Opérateurs de pipelines** : Ce sont des responsables chargés de la gestion quotidienne de toutes les activités liées au fonctionnement des pipelines, y compris la surveillance de l'infrastructure, la maintenance des pipelines, et l'assurance de la minimisation des risques pour l'environnement.
- **Consultants en intégrité des pipelines** : Ce sont des experts qui offrent des services de consultation aux opérateurs d'entreprise, ils sont bien informés sur les normes et les réglementations pour aider l'entreprise à mettre en œuvre des systèmes efficaces.
- **Equipe en ingénierie et maintenance** : cette équipe est nécessaire pour entretenir les pipelines, elle utilise des données analysées par le système pour planifier les inspections, les réparations et la maintenance.
- **Fournisseurs des instruments** : Ils fournissent les outils nécessaires tels que les capteurs de pression, de température, de vitesse, etc., pour les installer sur les vannes et les centres de pompage.
- **Fournisseurs des services de communication** : ces acteurs fournissent des solutions pour faciliter la communication et le partage des données en temps réel vers les centres de contrôle comme les réseaux satellitaires, la fibre optique, etc.

#### **3.2.2. Programme de déploiement du système PIMS**

##### **3.2.2.1. Ateliers de travail**

- **Workshop Integrity** : cet atelier consiste à regrouper et implique toutes les parties pour une meilleure gestion de l'intégrité des pipelines, elle porte sur les meilleures pratiques de l'intégrité, les défis confrontés, les méthodes d'inspections pour chaque situation, les protocoles de maintenances et les normes de sécurité à respecter.
- **Workshop DATA** : cet atelier se concentre sur la collecte de données pour assurer le bon fonctionnement du système. Il met en avant les méthodes de collecte, de stockage et d'analyse des données.
- **Workshop Assessment Risk** : ce workshop aborde les risques associés aux pipelines tels que les fuites, la corrosion, les dommages mécaniques, et définit les corrections

pour gérer ces risques, en attribuant à chaque type de risque son traitement spécifique, ainsi que les normes d'exécution des opérations.

#### **3.2.2.2. Identification et préparation des données des canalisations nécessaires aux fonctionnalités du PIMS**

Cette étape consiste à identifier les données sur les pipelines pour un bon fonctionnement du système. Cela peut inclure plusieurs types de données tels que la localisation des pipelines, leurs caractéristiques physiques leur durée de vie, leurs diamètres et les matériaux de construction, l'historique des inspections, les données techniques comme la pression et les températures et les rapports des incidents antérieurs. Les données sont ensuite collectées à partir de différentes sources puis nettoyées pour garantir leur fiabilité leur qualité par la suppression et la correction des erreurs. Enfin elles seront intégrées au système.

#### **3.2.2.3. Développement et configuration des modules PIMS**

Cette étape est répartie en trois phases :

- La première phase est la conception des modules de collecte des données, d'analyse des données, de traitement des données et de génération des rapports. Chaque module permet de répondre à des fonctions telles que la surveillance en temps réel, la détection des anomalies, la gestion des alarmes et d'autres. De plus la structure des données est élaborée dans cette phase.
- La deuxième phase est dédiée au développement des fonctionnalités qui consiste à transformer les modules en des codes et des algorithmes afin d'effectuer des tests pour vérifier le fonctionnement global.
- La dernière phase est chargée de définir les paramètres des modules tels que les seuils d'alerte. Elle permet également la personnalisation de l'interface utilisateur pour correspondre aux flux de travail pour une expérience fluide.

#### **3.2.2.4. Déploiement en environnement exploitation**

Cette étape permet de déployer et mettre en service le système en suivant les points suivants :

- Préparation de l'environnement par la configuration des serveurs, l'installation des logiciels nécessaires, la mise en place des bases de données afin de garantir que l'infrastructure est prête pour l'installation du système.
- Planification du déploiement, ce point implique de déterminer l'ordre de la mise en place des différents composants, d'allouer les ressources humaines nécessaires, et d'établir un calendrier spécialement conçu pour le déploiement du système.

- La mise en œuvre des modules et composants définit selon le plan établi, cela implique la migration des données, la configuration des systèmes, etc.

#### **3.2.2.5. Migration des données**

Cette étape implique le déplacement des données d'un système à le nouveau système PIMS et assure que les données sont transférées de manière précise et fiable sans erreurs parce qu'ils existent plusieurs systèmes différents qui seront regrouper en un seul. Pour garantir le succès de cette opération il est nécessaire de :

- Faire une analyse approfondie des données existantes pour identifier les relations entre elles et leurs formats.
- Développer des plans détaillant le processus de transfert des données pour détecter les erreurs et les corrige.
- Effectuer des tests pour vérifier l'exactitude des données.
- Former les personnels sur l'utilisation du nouveau système et sur la manipulation des données pour garantir une transition fluide et efficace.
- Enfin, une documentation est nécessaire pour expliquer tous ce qui a été fait, les procédures suivies les problèmes rencontrés et les résultats obtenus.

#### **3.2.3. Formations des personnels**

- **Formation initial avant déploiement** : cette formation permet de programmer des sessions pour parler de l'importance du système PIMS et de ses avantages pour l'entreprise, présenter ses fonctionnalités, illustrer son fonctionnement, répartir les rôles des employés par exemple les utilisateurs clés seront chargés de gérer le système et de générer les rapports, les utilisateurs de soutien aident les premiers dans la résolution des problèmes techniques et fournir une assistance générale, et enfin les superviseurs assurent une utilisation correcte et efficace du système.
- **Formation technique sur le système PIMS** : cette formation vise à donner une compréhension en profondeur des aspects pratiques et opérationnels et offrir aux utilisateurs l'occasion d'obtenir les compétences nécessaires pour une utilisation fiable. Elle comprend la saisie des données, l'interprétation des résultats, la prise de décisions basées sur les recommandations du système, et l'organisation des sessions pratiques pour mettre en œuvre ce qui a été appris par les employés y compris des simulations et des tests.

- **Formation sur la maintenance et le support** : l'objectif de cette formation est de former les employés sur les procédures de maintenance technique du système, ce qui inclut la vérification régulière, les actions de dépannage, la gestion des mises à jour logicielles, même proposer des formations aux utilisateurs finaux sur les procédures de support disponibles telles que la signalisation des problèmes et leur suivi.
- **Formation sur la sécurité et la confidentialité des données** : c'est une formation qui sert à sensibiliser les employés sur la sécurité et la confidentialité des données, en partageant des instructions sur la création et la gestion sécurisée des interfaces, ainsi que des conseils sur l'utilisation de l'identification à deux facteurs, les procédures de sauvegarde, de récupération et de suivi des données afin de garantir leur protection.
- **Formation continue et mise à jour des compétences** : ce type de formation garantit que les employés restent compétents et informés des dernières avancées dans le domaine des pipelines. Cela peut inclure des sessions régulières sur les évolutions de l'industrie organisées par des experts et des consultants, encourager les employés à participer à des webinaires et des conférences sur l'intégrité des pipelines et les technologies connexes, ainsi que des programmes certifiant pour un développement plus professionnel.
- **Formation sur la conformité réglementaire** : les employés doivent être informés des normes établies par l'American Petroleum Institut (API) et d'autres organismes similaires relatives à toutes les opérations de conception, construction, maintenance et plus, ainsi que des réglementations gouvernementales.

#### **3.2.4. Fourniture d'un manuel de procédures**

Cette étape implique la création d'un document complet qui décrivant les procédures et les instructions pour l'utilisation du système PIMS, avec des explications détaillées sur la manière d'accéder au système, de naviguer entre les différents modules, de rechercher des informations et d'exécuter certaines tâches.

Puis, il est important de concentrer sur la documentation des processus de maintenance et de gestion du système, par la description des procédures qu'il faut suivre afin de garantir le bon fonctionnement.

Enfin, il est nécessaire de maintenir les procédures à jour avec l'évolution du système en ajoutant les nouvelles fonctionnalités avec des instructions sur leurs utilisations, la manière de résoudre les problèmes, etc.

## **CONCLUSION**

Dans le cadre de cette étude, nous avons examiné la synergie des technologies Industriels Internet of Things (IIoT) et le Pipeline Integrity Management System (PIMS) pour optimiser la supply chain des hydrocarbures en prenant en compte l'exemple de la Raffinerie d'Alger.

Nous pouvons finalement confirmer les hypothèses précédentes de notre recherche :

**Hypothèse 01 :** L'intégration réussie des IIoT dans les équipements industriels permet une surveillance en temps réel de la production, une réduction des temps d'arrêt imprévus et une contribution à une gestion efficace de la supply chain. Notre étude a réalisé que la raffinerie d'Alger utilise déjà des technologies avancées mais avec l'intégration des IIoT dans les soupapes de sécurité cela améliorera la réactivité, la surveillance accrue des équipements et une réduction des interruptions des activités critiques.

**Hypothèse 02 :** Le déploiement efficace du système PIMS dans la gestion des pipelines permet une détection des fuites et des défaillances, une réduction des risques et une distribution plus fiable des produits finis. Grace aux entretiens effectués avec les responsables de la raffinerie nous avons pu identifier les points faibles actuels, et proposer un plan d'action pour la mise en place structurée du système pour une détection rapide des anomalies et une minimisation des risques.

**Hypothèse 03 :** L'intégration synergique des IIoT dans les équipements industriels avec le système PIMS permet une gestion proactive des risques, une meilleure visibilité des opérations, une réduction des temps d'arrêt pour un objectif globale d'optimisation de la supply chain des hydrocarbures. Les plans d'action montrent que l'intégration de ces technologies innovantes peut non seulement d'améliorer la surveillance, l'intervention et la maintenance mais aussi offrir une vision proactive de la gestion des risques.

En conclusion, la Raffinerie d'Alger de Sonatrach a une possibilité pour améliorer sa supply chain grace à l'installation d'IIoT et PIMS. Notre étude et nos recommandations montrent qu'une planification stratégique et une collaboration avancée sont cruciales pour tirer pleinement de cette implémentation. En suivant les étapes proposées la raffinerie peut renforcer globalement l'efficacité et la robustesse de la chaine d'approvisionnement du secteur d'Oil & Gas.

## CONCLUSION GENERALE

En conclusion, cette recherche a analysé en profondeur la synergie Industriel Internet of Things (IIoT) et Pipeline Integrity Management System (PIMS) dans le but d'optimiser la supply chain dans l'industrie des hydrocarbures. L'étude a mis en lumière les avantages et les défis de l'intégration de ces technologies innovantes, ainsi que leur rôle important dans la transformation digitale.

Les capteurs IIoT permettent une surveillance continue et une gestion proactive des opérations et des risques grâce à une connectivité permanente et à une collecte des données en temps réel, ce qui se traduit par une meilleure anticipation des problèmes, une réactivité accrue face aux perturbations et une optimisation des ressources. Pour le PIMS, c'est un système qui assure la sécurité et la fiabilité des pipelines simultanément. Globalement, ces technologies permettent une vision holistique des opérations, facilitant une prise de décision claires et une coordination améliorée entre tous les acteurs.

Les résultats de cette recherche montrent que l'implémentation de ces technologies peut transformer les opérations industrielles en offrant une visibilité accrue des processus, en optimisant les flux des produits et d'informations, en améliorant l'efficacité et en réduisant les coûts à long terme tout en permettant aux entreprises de réagir rapidement aux changements imprévus.

Cependant, cette implémentation comporte plusieurs défis et obstacles significatifs. Les investissements nécessaires pour mettre en place ces technologies peuvent être substantielles, l'intégration des données est un enjeu complexe, et la sécurité ainsi que la confidentialité des informations sont importantes pour minimiser les risques potentiels. La protection des données sensibles contre les cybermenaces doit être une priorité pour les entreprises qui adoptent ces technologies.

Notre étude a également révélé des défis spécifiques liés au changement numérique au sein de la Raffinerie d'Alger. Il est crucial de disposer d'une infrastructure robuste, de formations adéquates pour les employés et d'une culture qui favorise l'innovation pour réussir cette transition. Les recommandations proposées dans cette étude visent à surmonter les obstacles pour une bonne installation.

Bien que cette recherche n'inclue pas une mise en œuvre concrète des systèmes étudiés, les conclusions apportent des contributions théoriques et pratiques de valeur. Elles enrichissent notre compréhension des technologies dans le domaine de la supply chain des hydrocarbures et fournissent des insights pour les entreprises cherchant à optimiser leurs opérations. Les implications de cette étude sont vastes, et suggèrent que la synergie peut être un moteur puissant de l'innovation et d'efficacité opérationnelle dans l'industrie.

Pour de futures recherches, il serait approprié de se focaliser sur des cas concrets d'implémentation de ces technologies afin de recueillir des données sur leurs impacts réels et d'identifier les meilleures pratiques. Évaluer les coûts et les bénéfices spécifiques de ces installations pour accueillir une bonne compréhension des investissements nécessaires et des avantages opérationnels attendus. De plus, explorer d'autres domaines d'application tels que l'optimisation des capacités de stockage et la gestion des opérations de maintenance, pour maximiser les bénéfices. Les recherches futures pourraient porter sur l'importance de ces systèmes sur la durabilité environnementale en identifiant comment ils peuvent contribuer à réduire l'empreinte carbone des opérations industrielles et à promouvoir des pratiques plus durables.

L'évolution rapide des technologies et les besoins croissants du secteur de l'Oil & Gas exigent une adaptation continue et une volonté d'innover. Les entreprises doivent être prêtes à investir dans de nouveaux outils numériques, à former leur personnel et à adapter leurs structures pour réaliser un certain pourcentage d'avantages.

## **BIBLIOGRAPHIE**

### **OUVRAGE**

- FENDER M., PRIMOR Y., « Logistique, production, distribution, soutien », édition Dunod, 7ème édition, Paris, 2016.
- FERNANDEZ A., Extrait du livre « Le bon usage des technologies expliqué au manager », Edition Eyrolles, 2001.
- GRATACAP A. MEDAN P., « Logistique et supply chain management : intégration, collaboration et risque dans la chaîne logistique globale », édition Dunod, 2006.
- MANSILLON G, HAYAT P, « Mercatique d'actio commerciale », édition Fauchez, Paris, 2001.
- MOUSSEAU N., « Au bout du pétrole- Tout ce que vous devez savoir sur la crise énergétique », Éditions MultiMondes, Québec, 2008.
- PASCAL D., JILANI D., « La transformation digitale : Saisir les opportunités du numérique pour l'entreprise », édition Dunod, Paris, 2015.
- SIMICHI-LEVI D, KAMINSKY P, SIMICHI-LEVI E, «Designing and Managing the Supply Chain», McGraw Hill Company, United States of America, 2000.
- STADTLER, KILGER, «Supply Chain Management and Advanced Planning», édition Springer, 2005.
- SUNDMAEKER, H. et autres, «Vision and challenges for Realising the Internet of Things», Luxembourg: Publications Office of the European Union, 03/2010.
- VIVIER E., DUCREY V., « Le guide de la transformation digitale : La méthode en 6 chantiers pour réussir votre transformation ! », 2ème édition, édition Eyrolles, Paris, 2019.

### **REVUES ET PERIODIQUE**

- CHALLAL, Y., et autres, « “Securing Distance Vector Routing Protocols for Hybrid Wireless Mesh Networks », Université de Technologie de Compiègne, 2012.
- Définition du « Council of Supply Chain Management Professionals » (équivalent américain de l'ASLOG)

- DROUZI M., « Rôle des systèmes d'information dans la démarche supply chain management », African Scientific Journal, Volume 03, Numéro 4, 2021.
- HUSSAIN R., ASSAVAPOKEE T., et KHUMAWALA B., «Supply chain management in the petroleum industry: challenges and opportunities», International Journal of Global Logistics & Supply Chain Management, 2006.
- Journal Officiel de la République Algérienne, « Ministère de l'Industrie et de l'Energie », Algérie, publier le 30/09/1966.
- Journal Officiel de la République Française, n°111, 14 mai 2005, texte n° 135.
- MALO M., LEFEBVRE R., COMEAU F., SEJOURNE S., « Synthèse des connaissances portant sur les pratiques actuelles et en développement dans l'industrie pétrolière et gazière », Québec, 2015.
- Nancy W. Nix, «Technology as a Competitive Weapon in the Supply Chain», TCU Supply and Value Chain Center, 2004.
- Soares Camparotti C.E. et autres, « An overview of the Advanced Planning and Scheduling Systems», Independent Journal of Management & Production, Volume 05, Numéro 4, Brazil, publié entre 10/2014 et 12/2014.
- UNEP Technical Publication, «Environmental management in oil and gas exploration and production: an overview of issues and management approaches», London, 1975.

## RAPPORTS ET INSIGHTS

- « Warehouse Principales & Inventory Management », (consulté le 31/03/2024 à 23 :34), [https://nios.ac.in/media/documents/259\\_WPIM/Chapter-1.pdf](https://nios.ac.in/media/documents/259_WPIM/Chapter-1.pdf)
- Alliance Industrie du futur, « Guide des technologies de l'industrie du futur - Enjeux et panorama des solutions - Digitalisation de la Supply Chain », Fiche 19.
- BENABDERRAHMANE A., (le premier ministre de l'Algérie), « Hydrocarbures : l'Algérie a franchi de grands pas dans le processus de développement du secteur », publié le 23/02/2023, (consulté le 24/03/2024 à 10.30), <https://www.aps.dz/economie/152191-double-anniversaire-du-24-fevrier-l-algerie-a-franchi-de-grands-pas-dans-le-processus-de-developpement-du-secteur>
- CAMPBELL J, « Pétrole et gaz naturel : prouver sa valeur pour vendre à l'étranger », publié le 06/06/2016, (consulté le 20/03/2024 à 10 :29), <https://www.edc.ca/fr/blogue/serie-secteurs-petrole-gaz-naturel.html>

- CHRONIS A., HARDIN K., MITTAL A., « Perspectives de l'industrie pétrolière et gazière pour 2024 », (consulté le 25/03/2024 à 21 :51), <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/oil-and-gas-industry-outlook.html>
- Freedom Technologies, « Understanding Manufacturing Execution Systems (MES)», (consulté le 31/03/2024 à 22:00). <http://www.freedomcorp.com/brochures/Understanding%20MES%20Whitepaper.pdf>
- HERBERT H., « L'industrie pétrolière ne construit pas de nouvelles usines. Étoile quotidienne de l'Arizona », Arizona, publié le 28/07/2004, (consulté le 26/03/2024 à 10 :35).
- Institut Arab des Chefs d'Entreprise, « La Tunisie en transformation : impératif digital », 12/2016.
- JOSEPH L., « Les étapes clés pour réussir la digitalisation des processus d'entreprise », publié le 09/10/2023, (consulté le 29/03/2024 à 08 :13) <https://lemonlearning.com/fr/blog/digitalisation-des-processus-entreprise>
- KEJRIWAL, S., MAHAJAN,S., « Smart buildings: How IoT technology aims to add value for real estate companies», publié le 20/04/2016, (consulté le 03/04/2024 à 22:55), <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/internet-of-things/iot-commercial-real-estate-intelligent-building-systems.html>
- LUND, D., et autres, « Worldwide and Regional Internet of Things (IoT) 2014–2020 Forecast: A Virtuous Circle of Proven Value and Demand », USA, (consulté le 03/04/2024 à 12:03), [https://branden.biz/wp-content/uploads/2017/06/IoT-worldwide\\_regional\\_2014-2020-forecast.pdf](https://branden.biz/wp-content/uploads/2017/06/IoT-worldwide_regional_2014-2020-forecast.pdf)
- MATHINDE A., « Transformation digitale : de quoi parle-t-on ? ».
- MITROFANSKIE, K., « L'IoT dans l'industrie pétrolière et gazière : l'avenir des technologies énergétiques », publié le 12/02/2024, (consulté le 05/04/2024 à 13 :21), [https://intellisoft.io/iot-in-oil-and-gas-industry-future-of-energy-technologies/#The\\_Benefits\\_of\\_Leveraging\\_IoT\\_in\\_the\\_Oil\\_and\\_Gas\\_Sector](https://intellisoft.io/iot-in-oil-and-gas-industry-future-of-energy-technologies/#The_Benefits_of_Leveraging_IoT_in_the_Oil_and_Gas_Sector)
- OVERHOLT M., « L'importance du pétrole et du gaz dans l'économie d'aujourd'hui », publié le 23/08/2016, (consulté le 19/03/2024 à 18 :08), <https://www.tigergeneral.com/the-importance-of-oil-and-gas-in-today-s-economy/>

- SAJAL K., « L'importance du pétrole et du gaz dans l'économie d'aujourd'hui », publié le 31/03/2020, (consulté le 20/03/2024 à 20 :54), <https://www.linkedin.com/pulse/importance-oil-gas-todays-economy-sajal-katiyar/>
- The Creative Studia at Deloitte, «Supplier Relationship Management, Identifying and maximizing the value of strategic supplier partnering», London, 46159A, 2015, (consulté le 31/03/2024 à 16:44).
- The University of Edinburgh, « Industrie pétrolière et gazière : quels sont les principaux défis et opportunités ? », publié le 14/12/2020, (consulté le 24/03/2024 à 14 :40), <https://blogs.ed.ac.uk/careersinformed/oil-and-gas-industry-what-are-the-key-challenges-and-opportunities/>
- Trinity Logistics, « Guide to : Transportation Management System », (consulté le 31/03/2024 à 21:08), <https://trinitylogistics.com/wp-content/uploads/2017/04/What-is-a-TMS-Whitepaper.pdf>

## **DICTIONNAIRES ET ENCYCLOPEDIES**

- Cambridge Advanced Learner's Dictionary, 2013.

## **TRAVEAUX UNIVERSITAIRES**

- CHABANI, R., « Implémentation d'un Protocole d'Élection d'un Serveur d'Authentification dans l'Internet des Objets Couche de perception », Jijel, 2021.
- Cours Economie et management d'un réseau de transport des hydrocarbures de l'Institut National des Hydrocarbures (INH), Boumerdes, 2023.
- MERZOUK S.E., « Problème de dimensionnement de lot et de livraison : Application au cas d'une Chaîne Logistique », Thèse pour l'obtention du grade de docteur en Automatique et Informatique, Université de Technologie de Belfort, 2007.
- Zelmata A., ZEGGANE R., « L'impact du digital sur les modes de management », Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2021.

## **WEBOGRAPHIE**

- « 5 étapes de maturité logistique », (consulté le 15/03/2024 à 11.34), <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-stages-of-logistics-maturity>
- « Blockchain », (consulté le 01/04/2024 à 23 :15), <https://www.cnil.fr/fr/definition/blockchain>

- « Blockchain et supply chain : quelles perspectives ? », publié le 16/11/2023, (consulté le 01/04/2024 à 23 :49), <https://www.procemo.com/blog-articles/perspectives-block-chain-supply-chain>.
- « Comment Internet est évolué ? », (consulté le 04/04/2024 à 09 :15), <https://nicolas-mercadi.eu/comment-internet-a-evolue/>
- « Comment l’IoT dans l’industrie pétrolière et gazière définit l’avenir de l’énergie », publié le 23/06/2023, (consulté le 05/04/2024 à 14 :55), <https://www.rishabhsoft.com/blog/iot-in-oil-and-gas-industry>
- « Comment L’IoT révolutionne la Supply Chain », publié le 23/10/2023, (consulté le 01/04/2024 à 21 :52), <https://www.rubafilm.com/comment-iot-revolutionne-le-supply-chain-2/>
- « Comment la transformation digitale peut améliorer l’efficacité et la précision dans les supply chain ? », publié en 2023, (consulté le 28/03/2024 à 23 :38), <https://www.eurotechconseil.com/blog/transformation-digitale-supply-chain/>
- « Comprendre l’internet des objets », (consulté le 01/04/2024 à 15 :00), <https://www.ovhcloud.com/fr/learn/what-is-iot/>
- « Echelle de maturité Supply Chain », (consulté le 15/03/2024 à 8.30), <https://www.supplychain-masters.fr/referentiel-supply-chain-masters>
- « Gestion de l’intégrité des pipelines ? – Planification, gestion et services », (consulté le 07/04/2024 à 14 :22), <https://nigen.com/pipeline-integrity-management-planning-management-services/>
- « Gestion de la Supply Chain pour le Pétrole et le Gaz », (consulté le 26/03/2024 à 22 :36), <https://www.b2be.com/fr/industries/petrole-et-gaz/>
- « How to manage pipeline integrity with PIMS software - The Sniffers », publié le 23/02/2021, (consulté le 08/04/2024 à 13:42), <https://www.youtube.com/watch?v=b4oBBwPY7w>
- « Internet des Objet, le guide talent », (consulté le 01/04/2024 à 15 :39), <https://www.talend.com/fr/resources/iot-definition/>
- « IoT pour l’industrie pétrolière et gazière : avantages, fonctionnalités et cas d’utilisation », publié le 22/09/2023, (consulté le 06/04/2024 à 01 :51), <https://a-team.global/blog/iot-for-oil-and-gas-industry-advantages-features-and-use-cases/>

- « L'Internet des Objets », (consulté le 04/04/2024 à 10 :46), <https://www.talend.com/fr/resources/iot-definition/>
- « L'optimisation de la supply chain outils, stratégie et rôle de l'ERP », (consulté le 19/03/2024 à 22 :40), <https://www.erp-pgi.fr/l-optimisation-de-la-supply-chain/>
- « La digitalisation de la chaîne d'approvisionnement : les avantages et les défis », (consulté le 02/04/2024 à 17 :16), <https://fulfillmenthubusa.com/la-digitalisation-de-la-chaîne-dapprovisionnement-les-avantages-et-les-defis/>
- « La Supply Chain collaborative entraîne de nouvelle façon de penser la logistique », (consulté le 14/03/2024 à 19 :28), <https://www.acteos.fr/blog/supply-chain-collaborative/>
- « Les 4 facteurs clés de succès pour digitaliser sa supply chain », publié le 21/01/2022, (consulté le 02/04/2024 à 13 :13), <https://www.faqlogistique.com/CP20220121-E-SCM-Industrie-Textile-Facteurs-Cles-Succes-Digitalisation-Processus-Approvisionnement.htm>
- « Les 4 promesses de l'IoT pour la supply chain », (consulté le 01/04/2024 à 22 :45), <https://blog.rtone.fr/iot-supplychain#:~:text=Int%C3%A9gr%C3%A9e%20%C3%A0%20la%20supply%20chain,des%20acteurs%20de%20la%20cha%C3%Aene.>
- « L'Internet des Objets transforme l'industrie pétrolière et gazière », publié le 03/09/2019, (consulté le 05/04/2024 à 17 :24), <https://www.gep.com/blog/mind/the-internet-of-things-is-transforming-the-oil-and-gas-industry>
- « Pétrole », publié le 12/08/2014, (consulté le 27/03/2024 à 22 :35), <https://www.connaissancedesenergies.org/fichepedagogique/petrole>
- « Présentation de la robotique et de l'automatisation », (consulté le 02/04/2024 à 01 :14), <https://courses.minnlearn.com/fr/courses/emerging-technologies/robotics-and-automation/introduction-to-robotics-and-automation/>
- « Qu'est-ce qu'un écosystème IoT ? (5 composants importants) », (consulté le 04/04/2024 à 13 :35) <https://telecoms.adaptit.tech/fr/blog/what-is-an-iot-ecosystem/>
- « Qu'est-ce que l'IA ? En savoir plus sur l'intelligence artificielle », (consulté le 01/04/2024 à 12 :00) <https://www.oracle.com/fr/artificial-intelligence/what-is-ai/>
- « Qu'est-ce que l'Internet des Objets Industriel (IIoT) ? » (consulté le 05/04/2024 à 10 :40), <https://www.sap.com/france/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.>

- « Qu'est-ce que l'IoT ? », (consulté le 05/04/2024 à 02 :20), <https://www.oracle.com/dz/internet-of-things/>
- « Quels outils pour améliorer votre traçabilité logistique ? », publié le 04/01/2022, (consulté le 02/04/2024 à 11 :20), <https://www.generixgroup.com/fr/blog/tracabilite-logistique-queelles-technologies>.
- « Quels sont les avantages et les enjeux de la digitalisation de la supply chain ? », publié le 17/10/2023, (consulté le 28/03/2024 à 22 :00), <https://www.manutan.com/blog/fr/digital/quels-sont-les-avantages-et-les-enjeux-de-la-digitalisation-de-la-supply-chain>
- « Quels sont les bénéfices des entrepôts robotisés en logistique ? », (consulté le 02/04/2024 à 00 :39), <https://www.supplychaininfo.eu/faq-logistique/quels-benefices-entrepots-robotises-logistique/>
- « Quels sont les moyens d'améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement pétrolière et gazière ? », (consulté le 27/03/2024 à 23 :56), <https://www.linkedin.com/advice/3/what-some-ways-improve-oil-gas-supply-chain-management-pte9f?lang=fr&originalSubdomain=fr>
- « Qu'est-ce que la technologie Blockchain et à quoi sert-elle ? », (consulté le 01/04/2024 à 23 :30), <https://www.talend.com/fr/resources/blockchain/>
- « QU'EST-CE QUE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ? », (consulté le 01/04/2024 à 12 :38) <https://www.netapp.com/fr/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence/> « Système de gestion de l'intégrité des pipelines à terre », (consulté le 08/04/2024 à 14 :07) [https://velosiaims.com/service/software-services/vailpimson/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwiMmwBhDmARIsABeQ7xSeZl6cRMKbkDTrDoRh6mk\\_oIULHgK-tXja7QW\\_vqr08y3057hsAsMaAgrXEALw\\_wcB](https://velosiaims.com/service/software-services/vailpimson/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwiMmwBhDmARIsABeQ7xSeZl6cRMKbkDTrDoRh6mk_oIULHgK-tXja7QW_vqr08y3057hsAsMaAgrXEALw_wcB)
- « Supply Chain 4.0 : la transformation digitale de la supply chain », (consulté le 14/03/2024 à 20 :58), <https://www.synox.io/cat-smart-logistics/transformation-digitale-iot-supply-chain-4-0/>
- « Supply Chain Management et Stratégies industrielles », (consulté le 15/03/2024 à 7 :13), page 8-9, <https://www.docplayer.fr/669468-Le-supply-chain-management.html>
- Internet Engineering Task Force (IETF), « The Internet of Things », (consulté le 03/04/2024 à 11:35), <https://www.ietf.org/topics/iot/>

- Interview avec Jérôme Bour le Président Directeur Général de DDS Logistics, « Comment digitaliser sa supply chain ? », publié le 16/12/2019, (consulté le 30/03/2024 à 00 :13), [https://www.youtube.com/watch?v=Y9tDvZYnD\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=Y9tDvZYnD_U)
- L'Energie du Changement, (consulter le 15/04/2024 à 14 : 27), <https://sonatrach.com>
- Produits Pétroliers, (consulter le 15/04/2024 à 18 :34), <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=produits-petrolier>
- Supply chain optimization, (consulté le 18/03/2024 à 11 : 26) <https://packhelp.fr/supply-chain-management-optimisation/>

# Table des matières

REMERCIEMENT

RESUME

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRIVIATION

REMERCIEMENT .....	5
RESUME .....	6
LISTE DES FIGURES.....	8
LISTE DES TABLEAUX.....	9
LISTE DES ABRIVIATION.....	10
LE SOMMAIRE .....	12
INTRODUCTION GENERALE .....	2
INTRODUCTION.....	6
SECTION 01 : Digitalisation de la Supply Chain : Evolution Inévitable .....	7
1. Introduction sur la digitalisation .....	7
2. L'importance de la digitalisation de la Supply Chain .....	8
3. Les axes de la transformation digitale .....	10
3.1. Niveau interne (Repenser l'organisation).....	10
3.2. Niveau externe (Ajuster l'expérience client).....	11
3.3. Chaîne de valeur (Revoir le Business Model).....	11
4. Les étapes de la transformation digitale de le Supply Chain .....	11
4.1. Analyse de l'état actuel des processus.....	12
4.2. Définition des objectifs de digitalisation .....	12
4.3. Sélection des outils et des plateformes technologiques.....	13
4.4. Formation et accompagnement des équipes .....	13
4.5. Mise en place et déploiement de la stratégie de digitalisation des processus.	13
4.6. Suivi, évaluation et amélioration continue de la transformation digitale.....	14
SECTION 02 : Les outils pour une Supply Chain Digitalisée .....	14
1. Outils technologiques de la digitalisation de la Supply Chain .....	14
1.1. Niveau 01 : Socle d'exécution.....	14
1.2. Niveau 02 : Plateformes Collaboratives.....	18
1.3. Plateforme d'Intelligence Technologique.....	20

1.4. Autres outils technologiques.....	25
<b>SECTION 03 : Les clés de la transformation digitale de la Supply Chain .....</b>	<b>26</b>
1. Les facteurs clés de succès de la transformation digitale de la Supply Chain .....	26
1.1. Engagement de la direction et des parties prenantes .....	26
1.2. Déploiement progressif et maîtrisé .....	27
1.3. Réorganisation des processus supply chain .....	27
1.4. Vers plus de valeur ajoutée pour les fonctions supply chain .....	27
2. Défis et avantages de la digitalisation de la chaîne d’approvisionnement .....	27
2.1. Avantages de la digitalisation de la chaîne d’approvisionnement.....	27
2.2. Défis de la digitalisation de la chaîne d’approvisionnement .....	29
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>31</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>33</b>
<b>SECTION 01 : Les concepts de base de la Supply Chain Management .....</b>	<b>34</b>
1. Définition de la Supply Chain .....	34
2. Définition de la Supply Chain Management SCM .....	35
3. Les étapes de la Supply Chain.....	35
3.1. Inbound Logistics (logistique entrante).....	36
3.2. Outbound Logistics (Logistique sortante).....	37
3.3. Reverse Logistics (Logistique inverse).....	37
4. Les acteurs de la Supply Chain .....	37
4.1. Fournisseurs (Suppliers) .....	38
4.2. Fabricants (Manufacturers).....	38
4.3. Distributeurs (Distributors) & Grossiste (Wholesalers) .....	38
4.4. Détaillant (Retailers) .....	38
4.5. Transporteurs (Carriers).....	38
4.6. Logisticiens .....	38
4.7. Clients (Customers).....	38
5. Les flux de la Supply Chain .....	39
5.1. Flux Physique .....	39
5.2. Flux financiers .....	39
5.3. Flux d’information .....	40
6. Niveaux de Maturité de la Supply Chain.....	40
6.1. Niveau 0 : Logistique Traditionnelle.....	41
6.2. Niveau 1 : Logistique Fonctionnelle.....	41
6.3. Niveau 2 : Chaîne Logistique Intégrée.....	41

6.4. Niveau 3 : Logistique globale (Supply Chain) .....	42
6.5. Niveau 4 : E-Chain .....	42
7. Objectifs de l'optimisation de la Supply Chain .....	43
SECTION 02 : Exploration du secteur pétrolier : perspectives et opportunités .....	44
1. Présentation du secteur des hydrocarbures .....	44
2. Importance économique d'Oil & Gaz .....	45
3. Défis et Opportunités de l'industrie pétrolière .....	46
3.1. Défis de l'industrie pétrolière .....	47
3.2. Opportunités de l'industrie pétrolière .....	47
SECTION 03 : Le rôle crucial de la Supply Chain dans l'industrie d'Oil & Gaz .....	48
1. La Supply Chain dans le domaine des hydrocarbures .....	48
2. Etapes clés de la supply chain dans l'Oil & Gaz .....	50
2.1. Phase d'exploration .....	51
2.2. Phase d'extraction .....	52
2.3. Raffinage .....	52
2.4. Transport et Distribution .....	53
3. Optimisation de la Supply Chain d'Oil & Gas .....	54
3.1. Adopter les technologies numériques .....	54
3.2. Mettre en œuvre les principes du Lean .....	54
3.3. Intégrer des pratiques de durabilité .....	55
3.4. Développer des partenariats stratégiques .....	55
3.5. Aligner la stratégie de la chaîne d'approvisionnement avec les objectifs commerciaux .....	55
CONCLUSION .....	56
INTRODUCTION .....	58
SECTION 01 : Exploration des fondamentaux de l'Internet des Objets .....	59
1- Introduction à l'Internet des Objets .....	59
3. Evolution de l'internet .....	61
3.1. Pré-Internet (avant 1993) .....	61
3.2. Internet du contenu (1993 - 2005) .....	61
3.3. Internet des services (2005 - 2010) .....	61
3.4. Internet des personnes (2010 - 2020) .....	62
3.5. Internet des objets (depuis 2020) .....	62
4. Fonctionnement de L'Internet des Objets .....	62
5. Composants de L'Internet des Objets .....	63

5.1.	Capteurs et actionneurs.....	63
5.2.	Connectivité .....	64
5.3.	IoT Cloud .....	64
5.4.	Analyse de IoT et gestion des données .....	64
5.5.	Appareils et interface .....	64
6.	Architecture de l'Internet des Objets .....	64
6.1.	Couche de perception .....	65
6.2.	Couche réseau.....	66
6.3.	Couche application .....	67
7.	Domaine d'application .....	67
7.1.	Fabrication.....	67
7.2.	Automobile.....	68
7.3.	Transport et logistique.....	68
7.4.	Grande distribution .....	68
7.5.	Secteur public .....	68
7.6.	Santé.....	69
7.7.	Sécurité générale à l'échelle de tous les secteurs d'activité.....	69
<b>SECTION 02 : l'Internet Industriel des Objets dans l'industrie pétrolière et gazière : vers une Supply Chain innovante et efficace.....</b>		
1.	Industrial Internet of Things (IIoT).....	69
2.	Industrial IoT dans la Supply chain d'Oil & Gas .....	70
2.1.	Maintenance prédictive.....	70
2.2.	Améliorer la productivité de la main-d'œuvre .....	70
2.3.	Rationalisation de la logistique et de la chaîne d'approvisionnement .....	71
2.4.	Atténuation des risques opérationnels et intelligence.....	71
2.5.	Gestion des stocks en temps réel.....	71
2.6.	Optimisation de la production grâce à l'IoT .....	71
2.7.	Détection avancée des fuites dans les pipelines .....	71
2.8.	Contrôleurs IoT dans les raffineries .....	72
2.9.	Surveillance des plates-formes virtuelles.....	72
2.10.	Surveillance de site à distance.....	73
3.	Architecture de l'IoT dans le pétrole et gaz.....	73
3.1.	Capteurs.....	73
3.2.	Gestion des pipelines .....	74
3.3.	Centres d'intégration de systèmes.....	74

3.4.	Analyse en temps réel .....	74
3.5.	Utilisation d'appareils intelligents.....	74
3.6.	Impression 3D.....	74
3.7.	Gestion et utilisation des actifs.....	74
3.8.	Gestion de flotte.....	75
4.	Les avantages des IIoT dans la production du pétrole et gaz .....	75
5.	Défis et recommandations de l'IIoT dans le secteur des hydrocarbures .....	76
6.	Des exemples des meilleurs pratiques des entreprises.....	77
6.1.	Le cas de Shell .....	78
6.2.	Le cas de ExxonMobil .....	78
6.3.	Le cas de Chevron .....	79
6.4.	Le cas de Aramco Saoudienne.....	79
<b>SECTION 03 : Le Système de Gestion de l'Intégrité des Pipelines (PIMS) : Assurer la fiabilité et la sécurité de la distribution des Hydrocarbures.....</b>		<b>80</b>
1.	Pipeline Integrity Management.....	80
2.	Fonctionnement du PIM .....	80
2.1.	Evaluation.....	80
2.2.	Planification de l'intégrité des pipelines .....	81
2.3.	Gestion de projet (PM).....	81
3.	Pipeline Integrity Management System (PIMS).....	82
3.1.	Listes des données.....	82
4.	Fonctionnement du PIMS .....	83
4.1.	Collecte des données .....	83
4.2.	Analyse des données .....	83
4.3.	Visualisation et modélisation.....	83
4.4.	Evaluation de l'état des pipelines.....	84
4.5.	Aide à la prise de décision .....	84
5.	Avantages du PIMS .....	84
<b>CONCLUSION .....</b>		<b>86</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>		<b>88</b>
<b>SECTION 01 : Présentation de l'entreprise .....</b>		<b>89</b>
1.	Présentation de la société SONATRACH .....	89
1.1.	Les activités du groupe SONATRACH.....	89
2.	Les Raffineries Algériennes.....	90
3.	La Capacité de Traitement.....	91

4. Raffinerie d'Alger.....	92
4.1. Historique de la Raffinerie d'Alger .....	93
4.2. Capacité de production .....	93
4.4. Les installations de la Raffinerie d'Alger .....	95
4.5. Les produits de la Raffinerie .....	95
4.6. Présentation du Département Inspection .....	96
<b>SECTION 02 : Méthodologie de Recherche et Analyse des Technologies à la Raffinerie d'Alger .....</b>	<b>98</b>
1. Méthodologie de la recherche.....	98
1.1. Choix du thème.....	98
1.2. Outils utilisés dans la recherche.....	99
2. Technologies et logiciels utilisés dans la Raffinerie d'Alger .....	99
2.1. Distributed Control System (DCS) de FOXBORO SCHNEIDER .....	100
2.2. Emergency Shut-down/Fire & Gas (ESD/F&G) de TRICONEX SCHNEIDER.....	100
2.3. Blending System de TopNir .....	101
2.4. General Electric Gaz Turbine Générateur (GE GTG) et les compresseurs GE Mark 6 E.....	102
2.5. Tank Farm Management System (TFMS) Honeywell ENFAR.....	102
2.6. Packages Effluent Treatment Plant (ETP) Siemens .....	103
2.7. Machine Monitoring System of Bently Nevada (System One).....	103
2.8. Système de contrôle de réseau Electrique (ECS) de ABB .....	104
<b>SECTION 03 : Plan d'action et recommandations pour l'implémentation de l'IIoT et PIMS au sein de la Raffinerie d'Alger .....</b>	<b>105</b>
1. Cadre et objectif de l'étude .....	105
2. Présentation des réponses issues des entretiens.....	106
3. Proposition d'un plan d'action pour l'implémentation des IIoT et PIMS au sein de la Raffinerie d'Alger – Sonatrach .....	119
3.1. Plan d'action pour l'implémentation des IIoT .....	119
3.2. Plan d'action pour l'implémentation du PIMS .....	129
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>134</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>135</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>137</b>