

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Ecole Nationale Polytechnique**



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

**Département Génie Industriel**

**Mémoire de projet de fin d'études**

**Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel**

Contribution à l'amélioration du processus de planification  
industrielle et commerciale  
Application General Electric Algérie

**Réalisé par :**

**IGHIL MELLAH Iméne Management industriel**

**KACI Nadjema Management de l'innovation**

**Sous la direction de :**

**Melle ABOUN Nacéra**

**Mr. SKANDRANI Nazim**

**Présenté et soutenu publiquement le : 18/06/2017**

**Composition du Jury :**

<b>Président :</b>	<b>NIBOUCHE Fatima</b>	<b>Maitre-assistante, ENP, Alger</b>
<b>Examineur :</b>	<b>ZOUAGHI Iskander</b>	<b>Maitre-assistant, ENP, Alger</b>
<b>Encadrant :</b>	<b>ABOUN Nacéra</b>	<b>Maitre-assistante, ENP, Alger</b>

**ENP 2017**



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Ecole Nationale Polytechnique**



**Département Génie Industriel**

**Mémoire de projet de fin d'études**

**Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Industriel**

**Contribution à l'amélioration du processus de planification  
industrielle et commerciale  
Application General Electric Algérie**

**Réalisé par :**

**IGHIL MELLAH Imene management industriel**

**KACI Nadjema management de l'innovation**

**Sous la direction de :**

**Melle ABOUN Nacéra**

**Mr. SKANDRANI Nazim**

**Présenté et soutenu publiquement le : 18/06/2017**

**Composition du Jury :**

<b>Président :</b>	<b>NIBOUCHE Fatima</b>	<b>Maitre-assistante, ENP, Alger</b>
<b>Examineur :</b>	<b>ZOUAGHI Iskander</b>	<b>Maitre-assistant, ENP, Alger</b>
<b>Encadrant :</b>	<b>ABOUN Nacéra</b>	<b>Maitre-assistante, ENP, Alger</b>

**ENP 2017**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*Aux personnes m'étant les plus chères au monde, mes parents, qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que je ne cesserai d'avoir pour eux.*

*A ma sœur et éternelle confidente Yasmine, et mon cher frère Billel.*

*A ma cousine, et meilleure amie avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie Yamna.*

*A la mémoire de mon très cher défunt grand père.*

*A mes très chères grands-mères qui ont toujours été pour moi une source de tendresse, d'inspiration et de persévérance.*

*A mes tantes et oncles, gisement d'amour et de solidarité.*

*A tous les membres de ma famille qui ont toujours été là pour moi.*

*A ma binôme pour son dévouement, sa motivation et son stress positif tout au long du stage.*

*A tous mes amis et proches qui m'ont toujours soutenue et entourée de positivité.*

*Imène*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à ma chère mère  
Celle qui n'a cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes  
études, celle qui a œuvré pour ma réussite de par son amour et ses sacrifices.*

*Je le dédie à mon cher père  
Sa patience sans fin, son amour et ses longues années de sacrifices sont pour moi le  
soutien indispensable qu'il a toujours su m'apporter.*

*À ma sœur Narimane et mon frère Amar  
À ceux qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de  
générosité et à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.*

*À ma grand-mère paternelle  
Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux qu'elle n'a cessé de formuler dans ses  
prières.*

*À mon conseiller et confident Sadek  
Celui en qui je suis très reconnaissante, et que je ne remercierai jamais assez pour son  
amabilité, sa générosité et son aide précieuse.*

*À mes grands-parents maternels, tantes, oncles, cousins et cousines  
Pour leur amour et leur support.*

*À ma binôme Imene  
Pour sa bonne humeur et sa patience tout au long du projet.*

*À mes amis Yasmine, Zahir, Ali, Souad, Amine et Radia  
Pour m'avoir supportée, encouragée et permis de vivre des moments de joie.*

*À tous mes amis  
Qui ont contribué à mon épanouissement et ma réussite.*

*Nadjema*

## **Remerciement**

*En premier lieu, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nos remerciements les plus vifs s'adressent particulièrement à notre promotrice et chef du département Madame Nacera ABOUN, qui nous a épaulé tout au long de notre travail, et a répondu présente par sa bienveillance, son écoute et ses conseils.*

*Nous témoignons notre profonde gratitude à notre promoteur, Mr Nazim SKANDRANI, pour le temps qu'il nous a confié ainsi que pour avoir facilité notre insertion au sein de General Electric.*

*Une mention spéciale à Mr R. HADJ KHALEF qui nous a aidées lors de la réalisation de ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier Sadek AMROUCHE, qui nous a accompagnées et orienté durant notre Projet.*

*Nos remerciements s'étendent à l'ensemble des responsables et employés de General Electric : Wafaa KHAMMAR, Hossam GAMAL, Mourad BOURENANE, Nazim BENBEY, Karim BOUDROUMA, pour la confiance qu'ils nous ont accordée et pour l'aide et le support qu'ils nous ont présentés*

*Nous exprimons bien évidemment toute la gratitude à tous nos enseignants de l'Ecole Nationale Polytechnique pour le savoir qu'ils nous ont transmis durant notre cursus.*

*Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui nous font l'honneur d'évaluer notre travail.*

*Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.*

## تلخيص:

العمل الحالي يهدف إلى المساهمة في تحسين عملية اتخاذ القرار في إطار تخطيط المبيعات والعمليات في شركة جنرال إلكتريك. للقيام بذلك، أجرينا مجموعة من التشخيصات وتمكنا من تحديد مشكلتين رئيسيتين: نوعية البيانات وعدم وجود أداة تخطيط ذات بعد كمي.

المساهمة المقدمة من خلال هذا العمل تتعلق بتحسين نوعية البيانات على الخطة الصناعية والتجارية وتصميم أداة رياضية للتخطيط حيث يتجلى ذلك في نموذج رياضي خطي يضمن تحسين الخطة التجارية والصناعية على ثلاثة مستويات: توقعات الطلب، مستويات الخدمة وخفض مستويات المخزون، بالإضافة إلى مجموعة من الحلول لتنقية وموثوقية البيانات.

كلمات البحث: المبيعات وعمليات التخطيط، التحسين، النمذجة الخطية، واتخاذ القرارات، الموثوقية، والتخطيط على المدى المتوسط

## Abstract:

This work aims to contribute to the improvement of decision making in the sales and operation planning process within General Electric Company.

For this purpose, diagnostics were made, and allowed us to identify several dysfunctions. Such as data quality and the absence of quantitative planning tool.

The contribution made through this work, concerns both the improvement of the data quality related to sales and operation planning, and the design of a mathematical planning tool. It consists on a linear mathematical model allowing the optimization of the sales and operation planning on three levels: demand planning, improvement of the service rate and reduction of inventory levels, as well as a few solutions allowing the purification and improvement of data quality.

**Keywords:** sales and operation planning, optimization, linear programming, decision-making, reliability.

## Résumé :

Le présent travail vise la contribution à l'amélioration de la prise de décision dans le processus de planification industrielle et commerciale de General Electric. Pour ce faire, des diagnostics ont été effectués et ont permis l'identification de deux dysfonctionnements principaux : la qualité des données et l'absence d'un outil de planification quantitatif.

La contribution apportée à travers ce travail, concerne à la fois l'amélioration de la qualité des données relatives au plan industriel et commercial, et la conception d'un outil mathématique de planification. Elle se manifeste en un modèle mathématique linéaire permettant l'optimisation du plan industriel et commercial sur les trois dimensions : anticipation de la demande, amélioration du taux de service et réduction des niveaux de stock, ainsi qu'un ensemble de solutions permettant la purification et la fiabilisation des données.

**Mots clé :** plan industriel et commercial, optimisation, modélisation linéaire, prise de décision, fiabilité, planification à moyen terme.

## *Tables des matières*

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale .....	10
CHAPITRE 1 : Etude de l'existant .....	12
Introduction.....	13
I. Présentation de l'entreprise d'accueil .....	13
I.1 Aperçu général sur le conglomérat General Electric .....	13
I.2 GE Power Services en Algérie.....	14
II. Diagnostic de la structure d'accueil .....	17
II.1 Diagnostic externe.....	17
II.2 Diagnostic interne .....	19
III. Résultat du diagnostic et définition de la problématique .....	22
Conclusion .....	23
CHAPITRE 2 : Etat de l'art .....	24
Introduction.....	25
I. Logistique et supply chain .....	25
II. La planification en entreprise.....	26
II.1 Définition .....	26
II.2 Les différentes catégories de planification.....	26
III. Le processus S&OP .....	27
III.1 Son environnement et sa place dans la planification.....	27
III.2 Le rôle et les objectifs du Plan Industriel et Commercial .....	28
III.3 Les données d'entrée du plan S&OP .....	31
III.4 Les stratégies déployées par l'entreprise pour répondre aux inadéquations .....	33
III.5 Le cycle du processus S&OP .....	34
IV. Méthodes d'optimisation du plan industriel et commercial .....	37
IV.1 Méthode de résolution basée sur la simulation-optimisation pour la construction d'un modèle de planification industrielle et commerciale .....	37
IV.2 La modélisation linéaire pour l'optimisation du PIC .....	38
Conclusion .....	39
CHAPITRE 3 : Résolution des problématiques .....	40
Introduction.....	41
I. Fiabilité des données .....	41
I.1 Identification des dysfonctionnements.....	41
I.2 Les solutions proposées .....	42
I.3 Les résultats.....	43



II.	Construction du modèle mathématique.....	44
II.1	Définition du problème .....	44
II.2	Définitions et notations .....	44
II.3	La fonction objectif.....	45
II.4	Les contraintes .....	46
II.5	Modélisation finale du problème: .....	47
III.	Résolution du modèle .....	47
IV.	Les stratégies de prise de décision dans la planification industrielle et commerciale.....	48
IV.1	Stratégie 1 .....	48
IV.2	Stratégie 2 .....	49
IV.3	Stratégie 3 .....	49
V.	L'estimation des coûts .....	49
V.1	Les coûts-Stratégie 1 .....	50
V.2	Les coûts-Stratégie 2.....	50
V.3	Les coûts-Stratégie 3.....	50
	Conclusion .....	50
	CHAPITRE 4 : Application et simulation .....	51
	Introduction.....	52
I.	Définition des familles de produits utilisés dans la simulation .....	52
II.	Simulation-analyse de sensibilité et interprétation .....	53
II.1	Stratégie 1 .....	53
II.2	Stratégie 2 .....	57
II.3	Stratégie 3 .....	60
III	Synthèse .....	63
	Conclusion .....	64
	Conclusion générale.....	66
	Annexes .....	68
	Bibliographie.....	82

## ***Liste des tableaux***

<i>Tableau1-1 Analyse SWOT de la planification industrielle et commerciale .....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 3-1 : Paramètres d'entrées du modèle.....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 3-2 : Les variables de décision .....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau 3-3 : Pondération des coûts .....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau4-1 : Paramètres d'entrée pour la stratégie 1 .....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau 4-2 : Résultats de la simulation : stratégie 1 scénario moyen LINER.....</i>	<i>56</i>
<i>Tableau 4-3 : Paramètres d'entrée pour la stratégie 2 .....</i>	<i>57</i>
<i>Tableau 4-4 : Résultats de la simulation : stratégie 2 scénario moyen LINER.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau 4-5 : Paramètres d'entrée pour la stratégie 3 .....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 4-6 : Résultats de la simulation : stratégie 3 scénario moyen LINER.....</i>	<i>62</i>

## *Liste des figures*

<i>Figure 1-1 : Cartographie de niveau 1</i> .....	19
<i>Figure 1-2 : Cartographie de niveau 2</i> .....	20
<i>Figure 2-1 : Les différents niveaux de planification</i> .....	28
<i>Figure 2-2 : Le cycle du PIC</i> .....	35
<i>Figure 2-3 : Le concept de ressources alignées et non alignées</i> .....	36
<i>Figure 4-1: Third stage Bucket</i> .....	52
<i>Figure 4-2: Liner</i> .....	52
<i>Figure 4-3 : Third stage Nozzle</i> .....	53
<i>Figure 4-4 : Simulation pessimiste (LINER, stratégie 1)</i> .....	54
<i>Figure 4-5 : Simulation moyenne (LINER, stratégie 1)</i> .....	55
<i>Figure 4-6 : Simulation optimiste (LINER, stratégie 1)</i> .....	57
<i>Figure 4-7 : Simulation pessimiste (LINER, stratégie 2)</i> .....	58
<i>Figure 4-8 : Simulation moyenne (LINER, stratégie 2)</i> .....	59
<i>Figure 4-9 : Simulation optimiste (LINER, stratégie 2)</i> .....	60
<i>Figure 4-10 : Simulation pessimiste (LINER, stratégie 3)</i> .....	61
<i>Figure 4-11 : Simulation moyenne (LINER, stratégie 3)</i> .....	62
<i>Figure 4-12 : Simulation optimiste (LINER, stratégie 3)</i> .....	63

## *Introduction générale*

De nos jours, le secteur de l'énergie est en pleine mutation et les entreprises actives dans ce secteur font face à une vague de changements considérables, à la fois déstabilisatrice et génératrice d'opportunités. Elles doivent donc relever de nombreux défis tels que: répondre à la transformation du secteur par l'innovation et la mise en place de nouveaux business model permettant de faire face à la concurrence, déployer des technologies intelligentes et des solutions digitales, accompagner les évolutions du marché, les nouvelles politiques énergétiques et les évolutions du cadre réglementaire, ainsi que renforcer l'excellence opérationnelle, la maîtrise des coûts ainsi que l'anticipation des fluctuations du marché.

Dans ce contexte, General Electric n'est pas épargnée. En effet, l'ouverture du secteur de l'énergie à la concurrence conduit les géants de l'énergie tels que General Electric à réduire leurs coûts afin de proposer des prix de plus en plus concurrentiels.

Pour accroître son efficacité économique, le groupe sous l'environnement changeant, cherche à optimiser ses ressources pour préserver ses parts de marché et en acquérir de nouvelles. De ce fait, une meilleure planification de ses capacités/demandes est une étape cruciale pour aboutir à de bons résultats qui permettront ainsi une meilleure prise de décision.

Pour que General Electric puisse valider un plan stratégique adéquat, une élaboration de plans d'actions annuels et mensuels est nécessaire, tout en gardant une vision claire des principaux objectifs, étapes et moyens qui permettront de les atteindre.

Malgré les efforts du groupe pour une planification à moyen terme efficace, des dysfonctionnements émergent lors de chaque élaboration du Plan Industriel et commercial, ce qui conduit l'entreprise à faire face à des risques de pertes de parts de marché et une inefficacité du plan industriel et commercial.

Pour répondre à cette problématique, le présent travail est organisé comme suit :

Le Chapitre I décrit la structure de l'organisme d'accueil et donne un aperçu sur General Electric Power Services en Algérie, son positionnement et ses activités.

Cette partie comporte des diagnostics interne et externe de l'entreprise, un diagnostic du département commercial (le département dans lequel le stage a été effectué) et une analyse du plan industriel et commercial. Ces derniers ont permis l'identification de deux dysfonctionnements principaux qui ont conduit à la définition de la problématique : la qualité des données relatives au plan industriel et commercial, et l'absence de la dimension quantitative dans le processus de planification à moyen terme.

Le Chapitre II est consacré à l'état de l'art. Des connaissances en logistique, supply chain et planification en entreprise y sont restituées d'une part. D'autre part, le processus S&OP est passé en revue afin de cerner ses avantages de manière générale et définir des stratégies déployées pour son implémentation en entreprise. Cette partie présentera aussi les méthodes d'optimisation du plan industriel et commercial à savoir la méthode basée sur la simulation-optimisation et la modélisation linéaire.

Le Chapitre III est dédié à l'apport d'une solution au problème posé. La juxtaposition des dysfonctionnements relevés dans le premier chapitre et des standards présentés dans la littérature permettra de faire émerger la nécessité de traiter dans un premier temps le problème de la non fiabilité des données d'entrée du plan industriel et commercial. Dans un second temps, un modèle linéaire est développé en vue d'optimiser le plan industriel et commercial. Par la considération de la dimension quantitative.

L'objet du quatrième et dernier chapitre sera la validation du modèle. Plusieurs simulations basées sur les stratégies du PIC alignées avec celles de l'entreprise sont effectuées permettant de juger de la capacité du modèle à fournir le support requis pour la prise de décision.

Une conclusion ponctuera le travail en reprenant les principales phases du projet et mettra en avant des axes d'amélioration pouvant servir dans le pilotage de projets futurs.

# **CHAPITRE 1 : *Etude de l'existant***

## ***Introduction***

La réalisation d'un projet de fin d'études au sein d'une entreprise nécessite une très bonne connaissance de l'organisme interne, de sa structure et de son organisation, ainsi que de l'environnement externe dans lequel elle évolue.

Le présent chapitre est consacré à la présentation de GE Power services, son activité et son organisation ainsi qu'à la description de la problématique traitée.

Il comportera aussi des diagnostics interne et externe, dans le but d'analyser les différentes dimensions pouvant agir de près ou de loin sur la problématique.

## **I. Présentation de l'entreprise d'accueil**

### **I.1 Aperçu général sur le conglomérat General Electric**

Une entreprise conglomérale possède des activités dans des domaines différents et non liés. General Electric en est un exemple concret avec ses trente-six (36) divers business, présents dans plus de cent trente-sept 137 pays répartis en sept (7) régions à savoir : Australie, Canada, Amérique Latine, Moyen Orient Afrique du nord et Turquie, Russie et CIS, Sahara africain, la Chine, ASEAN (General Electric, 2016).

Réalisant un chiffre d'affaire de l'ordre de 1050 milliards d'euros, le conglomérat est un réseau de plus de 500 000 employés qui opèrent dans les huit (8) domaines d'activités majeurs suivants :

- GE Power : fournit des produits et des services liés à la production d'énergie, aux industries, gouvernements et autres consommateurs dans le monde entier.
- GE Renewable Energy : propose des solutions d'exploitation des énergies renouvelables éoliennes et hydroélectriques, ...
- GE Oil&Gas : dessert tous les secteurs de l'industrie du pétrole et du gaz, depuis le forage, l'achèvement et la production du pétrole jusqu'aux transports et aux pipelines.
- GE Aviation : conçoit et produit des moteurs d'avions civils et militaires, composants numériques intégrés, ...
- GE Health Care : fournit des technologies de soin de santé essentiellement : l'imagerie médicale, les solutions numériques de suivis et diagnostics des patients, ... pour les établissements hospitaliers, le marché de la recherche, ainsi que les boites pharmaceutiques et biotechnologiques.
- GE Transportation : considéré comme chef de file mondial en matière de fourniture de technologies pour l'industrie minière, ferroviaire, marine, stationnaire et de forage.
- GE Energy Connections and Lightning : Assure la conversion, l'automatisation et l'optimisation de l'énergie en vue d'une alimentation électrique grand public.
- GE Capital : Fournit des produits et des services financiers pour les clients et les marchés alignés avec les entreprises industrielles de GE.

Répartis dans les différentes régions (citées précédemment), les clients sont principalement :

- Des industries de production d'électricité (Société Algérienne de Production d'Electricité (SPE), Electricité de France (EDF), SNC LAVALIN, etc.) ;
- Des villes ou collectivités locales ;
- Les industries de fabrication, de montage et d'exploitation de turbines.

General Electric est présente en Algérie à travers cinq business : GE Health Care, GE Aviation, GE Oil & Gas, GE Transportation, et GE Power. Ce dernier se divise en deux sous business : Power Gas Systems chargé de l'installation des centrales électriques et, Power Services, dont la mission principale est la prise en charge des contrats de maintenance des équipements installés.

Le présent travail a été mené au sein de GE Power Services.

L'Algérie, de par sa production en électricité, représente le principal client nord-africain de General Electric. Quant à la réalisation de plusieurs projets, Sonelgaz est un partenaire à fort potentiel, le complexe de GEAT (GE Algerian Turbines usine de production de turbine) en est l'exemple.

## I.2 GE Power Services en Algérie

### I.2.1 Positionnement de l'Entreprise

Power Services Middle East & Africa regroupe les pays du Moyen Orient, ainsi que les pays africains tels que l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, l'Egypte, le Nigéria, la Côte d'Ivoire et l'Afrique du Sud. Son siège principal est situé à Dubaï.

En Algérie, Power Services offre à ses clients trois types de services : fourniture des pièces de rechanges destinées à l'entretien des centrales électriques, la maintenance, ainsi que la main d'œuvre hautement qualifiée. Son principal client est Sonelgaz (Induction GE company, 2016).

### I.2.2 Activité

#### I.2.2.1 Les Produits de GE Power

GE power fournit principalement des turbines de différents types, à savoir :

- Les Turbines à Gaz** : Machine tournante thermodynamique qui appartient à la famille des moteurs à combustion interne ; son rôle est de convertir l'énergie contenue dans un hydrocarbure en énergie mécanique. Elle fonctionne selon le cycle de Joule, qui comprend une phase de compression, une phase de chauffage (combustion) et une phase de détente. On distingue cinq parties principales dans une turbine à gaz : L'admission d'air, le compresseur, les chambres de combustion, la turbine, l'échappement.

GE offre une gamme de turbines à gaz dont la capacité varie de 40 à 390 Mégawatts.

- Les Turbines à Vapeur** : Des dispositifs rotatifs destinés à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide liquide comme l'eau ou gazeux (vapeur, air, gaz de combustion) pour faire tourner un arbre solidaire des pales de la turbine. Une turbine à vapeur comprend deux étages assurant chacun une ou deux fonctions :  
La détente de la vapeur qui correspond à la conversion de l'énergie potentielle en énergie cinétique.



La conversion de l'énergie cinétique en couple de rotation de la machine par le biais des aubages mobiles.

- c. Les Turbines Aéro-dérivatives** : Un moteur d'avion dont la fiabilité a diminué, recyclé en générateur d'électricité et ce en étant couplé à un alternateur. Elles sont considérées comme étant les meilleures en termes de rendement comparées à leurs paires avec un intervalle allant de 38% à 45%. Leur principe de fonctionnement est identique à celui d'une turbine à gaz avec des spécificités plus avantageuses (Induction GE company, 2016).

### **I.2.2.2 Les Types d'Inspections de Maintenance**

La disponibilité des équipements et les coûts de la maintenance représentent deux des préoccupations les plus importantes pour le propriétaire d'une turbine à gaz industrielle. C'est pourquoi, un programme de maintenance efficace prenant en compte la relation entre les plans d'exploitation, les priorités de l'installation, le niveau de compétence du personnel d'exploitation et d'entretien, toutes les recommandations du fabricant de l'équipement concernant le nombre et les types d'inspections, la planification des pièces de rechange et d'autres facteurs liés aux cycles de vie des composants et le bon fonctionnement de la centrale est plus que nécessaire. Les inspections d'entretien peuvent se subdiviser en grandes catégories : de veille, d'exploitation, et de démontage.

#### **a. Inspection de veille**

Les inspections de veille sont effectuées au cours des périodes hors pointe où l'unité est en arrêt. Elles incluent l'entretien courant des systèmes accessoires ainsi que l'étalonnage des dispositifs (installation de batterie, changement des filtres, la vérification des niveaux d'huile et d'eau, ...).

#### **b. Inspection d'exploitation**

Elle se fait en observant des paramètres d'exploitation importants pendant le fonctionnement de la turbine. Elle commence par l'établissement des données d'exploitation de base pendant le démarrage initial d'une nouvelle unité et après toute intervention majeure de démontage. Cette base sert ensuite de référence pour mesurer la détérioration ultérieure de l'unité.

#### **c. Inspection de démontage**

L'inspection de démontage implique l'ouverture de la turbine pour inspecter des composants ; elle est exécutée sur des degrés différents, à savoir :

- Inspection de combustion

L'inspection de combustion est une inspection à l'arrêt relativement courte qui consiste à remplacer les tubes de flamme, les pièces de transition, les injecteurs de combustible et les couvercles d'extrémité. Elle contribue à prolonger la durée de vie des parties en aval, telles que les directrices et les aubes.

- Inspection de la veine gazeuse

Son objectif est d'examiner les pièces exposées aux températures élevées des gaz dégagés par le processus de combustion. Elle comporte l'ensemble de l'inspection de combustion ainsi qu'une inspection détaillée des directrices de la turbine, des protections du stator et des aubes de la turbine

- Inspection majeure

Une inspection majeure consiste à examiner tous les composants internes rotatifs et fixes de l'admission de la machine jusqu'à l'échappement. Cette inspection inclut des éléments précédents issus des inspections de combustion et de la veine gazeuse, en plus de l'ouverture complète du compresseur.

### I.2.2.2 Les types de contrats de maintenance

GE Power à travers ses deux filiales offre un portefeuille varié comportant l'installation de centrales de production d'électricité, la maintenance et les réparations ainsi que les solutions de mise à niveau et d'optimisation des équipements cités.

Le rôle de la maintenance est crucial pour assurer la disponibilité et la fiabilité des trains de turbines qui, en termes de production d'électricité, se traduit par la maximisation des bénéfices et l'évitement du risque de blessures du personnel et de dommages aux équipements.

Pour ce faire, GE propose quatre types de contrat de maintenance :

- Contrat de maintenance transactionnel** : C'est une réponse à une demande client ponctuelle comprenant une étendue de fourniture répondant à un besoin précis du client. Prenons comme exemple la réalisation d'une Inspection de Combustion de la Turbine à Gaz : dans ce cas précis, la responsabilité du constructeur se limitera à fournir au client les prestations en accord avec l'étendue de fourniture spécifiée dans le Contrat. Une fois les travaux terminés, outre la responsabilité légale de garantie, le constructeur aura complété toutes ses obligations vis-à-vis du client.
- Multi-Year Maintenance Plan (MMP)** : C'est un engagement à long terme signé entre les parties (3 ans et plus). A travers un contrat type MMP, le constructeur s'engage vis-à-vis du client sur les prix des pièces et des services ainsi que sur les délais d'exécution. En contrepartie, le client s'engage sur un volume minimum de commande durant le terme du contrat. Ce type de contrat permet au client de gérer sereinement la maintenance de sa centrale en maîtrisant ses coûts et sa planification de maintenance.
- Contractual Service Agreement (CSA)** : C'est aussi un engagement à long terme signé entre les parties (6 ans et plus). Il fournit un support de maintenance complet de la part du constructeur. A travers un contrat de type CSA, le constructeur est responsable de la maintenance de la Turbine à Gaz ainsi que de ses équipements directs (Alternateur et/ou Turbine à Vapeur) et s'engage vis-à-vis du client à garantir les performances suivantes : disponibilité, dégradation de la consommation, dégradation de la puissance.
- Operations & Maintenance (O&M)** : tout comme un contrat type CSA, un contrat de type O&M est un engagement à long terme (6 ans et plus) qui propose au client les mêmes services qu'un contrat de type CSA mais également, la gestion complète de toute la centrale du client par le personnel du constructeur. Il fournit au client le plus haut niveau de participation et d'engagement de la part du constructeur. Il est important de préciser qu'à travers ce type de contrat, la centrale reste la propriété du client bien que le personnel responsable de la gestion et du bon fonctionnement de la centrale soit le personnel du constructeur.

## II. Diagnostic de la structure d'accueil

Le diagnostic de l'organisme est un passage obligatoire afin d'obtenir un état des lieux précis à un moment donné. Il tourne autour de deux questions majeures :

- La première concerne l'environnement de l'entreprise qui relève du diagnostic externe composé de facteurs hors du contrôle. Ils peuvent être des opportunités ou des menaces ;
- La seconde concerne ses propres capacités à affronter cet environnement et relève du diagnostic interne. Il touche des éléments sur lesquels l'entreprise possède un certain niveau de contrôle. Ils peuvent être des forces ou des limites.

Ainsi, il est nécessaire d'avoir une idée claire sur l'environnement dans lequel celle-ci évolue, ce qui va lui permettre de bâtir une stratégie d'entreprise plus cohérente et plus alignée avec ses objectifs.

### II.1 Diagnostic externe

La formulation d'une stratégie pour faire face à la concurrence, implique une mise en relation de l'entreprise avec son environnement. Ce dernier est généralement composé des forces économiques et politiques. Mais le plus important pour l'entreprise est le secteur, ou l'ensemble des secteurs, dans lequel ou lesquels elle entre en compétition avec d'autres entreprises.

Bien que porteur de menaces, l'environnement offre à l'organisation des opportunités qu'il faut saisir : en d'autres termes, l'organisation doit s'interroger sur sa capacité à transformer ces menaces en opportunités. Pour ce faire il faut passer par une phase primordiale représentant l'analyse de l'environnement externe, ce qui conduit à identifier les menaces et les opportunités que représente l'environnement de l'organisation, tant sur le plan du micro environnement (les partenaires de l'organisation), que sur celui du macro environnement.

Afin d'y parvenir, il existe de nombreuses méthodes tels que l'analyse PESTEL et les cinq forces de Porter.

#### II.1.1 L'analyse du macro environnement : Méthode PESTEL

L'analyse PESTEL permet de surveiller les risques et les opportunités que pourraient rencontrer l'entreprise et son marché. La particularité de cette analyse est sa vision globale de l'environnement. Elle met en avant six grands acteurs, qui forment son acronyme : Politique, Économique, Socioculturel, Technologique, Écologique et Légal (PEA CONSULTING, 2014).

Dans le cas de GE, on ne distingue que trois dimensions significatives : la dimension politique, économique et technologique.

L'analyse PESTEL va donc porter sur ces trois dimensions qui peuvent agir sur l'activité de GE power services en Algérie notamment :

##### II.1.2.1 L'environnement politique

Il intervient à deux niveaux : national par l'intermédiaire des décisions prises par le gouvernement en place (politique fiscale, subventions, etc.) surtout que le client principal de

GE Algérie est un groupe national Sonelgaz, et international avec les décisions prises par le consensus de plusieurs nations (politique monétaire, PAC, etc.).

### **II.1.2.2 L'environnement économique**

Comprend toutes les variables et tous les facteurs qui impactent le pouvoir d'achat et les dépenses de consommation des clients et des fournisseurs. On peut en distinguer plusieurs tels que la politique d'austérité imposée en Algérie suite à la crise économique, la politique de réduction d'importation, ainsi que l'augmentation des frais douaniers.

### **II.1.2.3 L'environnement technologique**

Correspond aux forces qui créent de nouvelles technologies, de nouveaux produits ou qui influencent directement ou indirectement la capacité de l'entreprise à innover. Dans le cas de GE, l'innovation et la R&D représentent des facteurs clés ayant permis la pérennité de cette dernière dans plus de 150 pays.

## **II.1.2 L'analyse du microenvironnement**

Le micro environnement est composé des acteurs proches, voire au contact de l'entreprise. Ils forment la majeure partie des éléments pris en compte par M. Porter dans sa définition des 5 forces qui impactent les marchés (ALAOUI, 2003).

### **II.1.2.1 Les clients**

Objet même de l'existence du marché, la clientèle est la cible première de l'entreprise. Le marché énergétique étant complexe, la clientèle génère une demande explicite ou implicite. Tout l'enjeu réside dans la compréhension des besoins, attentes et motivations afin de proposer une offre pertinente. Relativement à d'autres pays, les clients de GE en Algérie sont plus ou moins connus, tels que Sonelgaz et Sonatrach.

### **II.1.2.2 Les fournisseurs**

Il s'agit ici des fournisseurs impliqués en amont de valeur, qui exercent une forte influence sur la qualité et la compétitivité de l'activité de GE par les prix pratiqués, la qualité des produits, les services livrés, ainsi que le respect des délais. On citera : Sodexo, IRMA, Dey Services, ...

### **II.1.2.3 La concurrence**

Des sociétés concurrentes entrent en rivalité, on en distingue plusieurs telles que : Siemens (le concurrent principal de GE en Algérie), Mitsubishi, et Ansaldo Energia. Aussi, pour développer ou conserver la position sur le marché, il est indispensable de connaître ces compétiteurs, leurs offres, leurs forces et faiblesses afin d'y faire face.

### **II.1.2.4 Les intermédiaires commerciaux**

Suivant la composition de la chaîne de GE, il existe plusieurs intermédiaires intervenant dans l'échange commercial. Agents commerciaux, distributeurs, revendeurs, ... jouent un rôle central

dans la commercialisation de l'offre jusqu'aux clients qui, étant intégrés à l'entreprise, représentent des partenaires internes.

### II.2.5 Les autres partenaires

Partenaires financiers tels que les banques (GE est en relation avec plusieurs banques : BEA, BNA, City Bank...), conseils, prestataires logistiques, ..., plusieurs acteurs gravitent autour de l'entreprise pour lui fournir des ressources complémentaires.

## II.2 Diagnostic interne

L'analyse de l'environnement interne permet de faire ressortir les forces et faiblesses des fonctions de l'entreprise. Elle met en évidence les compétences dont on peut tirer parti et les faiblesses qu'on cherche à pallier.

Afin de visualiser les différentes fonctions, la cartographie des processus se présente comme un outil pertinent et explicite.

### II.2.1 La cartographie des processus

L'approche processus est une méthode d'analyse qui consiste à décrire de façon méthodique une organisation ou une activité, généralement dans le but d'agir dessus.

La cartographie des processus est une représentation offrant une vue globale du fonctionnement d'un organisme et permettant de visualiser ses processus, leurs interactions et distingue les processus de réalisation, les processus de support et les processus de management (BOUKABOUS, 2016).

Le schéma de la figure 1-1 représentant la cartographie de niveau 1 considère l'entreprise comme entité active dans un secteur donné (le secteur énergétique dans le cas présent) visant à satisfaire les besoins d'un marché donné (marché régional dans ce cas).



Figure 1-1 : Cartographie de niveau 1

Cette cartographie de niveau 1 représente le macro processus de l'organisme dans lequel le présent travail a été effectué.

La figure 1-2 quant à elle, représente la cartographie de niveau 2, donnant plus de visibilité sur les processus composant cette entité. Ces derniers lui assurent l'exécution de ses plans d'action et la réalisation des activités permettant l'atteinte des objectifs tout en visualisant les interactions pouvant exister entre eux.

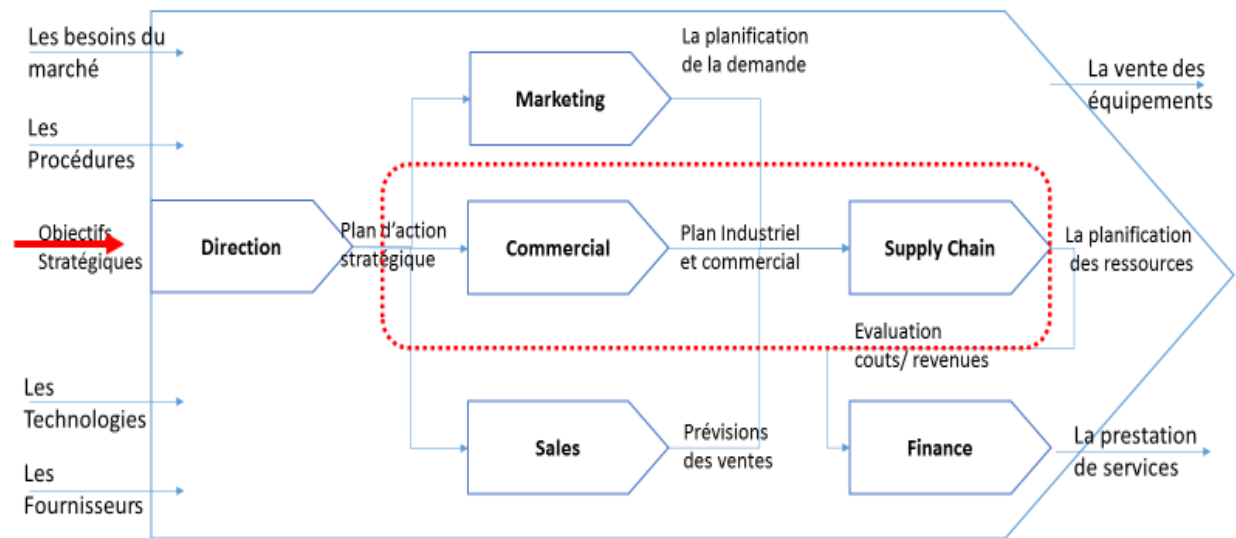


Figure 1-2 : Cartographie de niveau 2

Dans ce qui suit, nous nous focaliserons sur le département commercial ou le présent travail a été réalisé (zone entourée en rouge sur la figure 1-2).

## II.2.2 Le Diagnostic du département commercial

La direction commerciale et marketing de GE regroupe les postes des services commerciaux et marketing (Processus de planification industrielle et commerciale ). Dans une fonction commerciale, le but est de développer et d'entretenir un portefeuille de clients.

L'action du commercial s'effectue dans le cadre d'objectifs préalablement définis avec ses collaborateurs (Directeur commercial et Directeur des ventes) et conformément à la politique de vente de l'entreprise. Il doit planifier en fonction des objectifs commerciaux, de la localisation de ses clients potentiels ainsi que la demande du marché, des offres commerciales et techniques afin de tenter de satisfaire les besoins présents au marché.

Ce poste est particulièrement stratégique dans les grandes industries telles que le secteur énergétique car le directeur commercial et le directeur marketing, en pilotant la marque et la politique produit/service et les différents clients, déterminent en grande partie la réussite et le développement de l'entreprise.

## II.2.3 La planification industrielle et commerciale chez GE :

La planification industrielle et commerciale est la phase de transformation du plan stratégique (business plan) en volume prévisionnel de production pour chaque grande famille de produit de l'entreprise.

L'élaboration du plan industriel et commercial au sein de GE passe par les étapes suivantes :

### II.2.3.1 La planification des arrêts

La première étape consiste à planifier les arrêts à venir pour les prochains 18 mois, selon les données des équipements, des installations ainsi que les opérations de maintenances programmées telles que la maintenance des parties chaudes, la maintenance majeure, ...

Cette étape est menée par le S&OP leader, qui prend en charge la collecte des données à partir de deux systèmes d'information : Outage 360 et EXANTE (voir annexe N°1) avec la participation de l'équipe du Market Intelligence qui contribue à travers des prévisions de la demande du marché, pouvant modifier ou valider les données des systèmes d'information.

A la fin de cette phase, on obtient une demande prévisionnelle pour les 18 mois à venir, l'horizon de planification en vigueur chez GE.

### **II.2.3.2 La saisie des données de l'équipe des ventes « sales »**

Après avoir construit la demande prévisionnelle, l'équipe sales prend en charge la validation et l'ajustement de cette demande. Cette dernière se fait par le biais d'un template communiqué aux sales de chaque région dans le but de contribuer à la purification de ces données, en se basant sur leur connaissance des clients et de leurs besoins.

### **II.2.3.3 L'analyse des données**

Cette étape consiste à établir une analyse approfondie des données liées à la demande prévisionnelle c'est-à-dire : le nombre d'opérations de maintenance prévues pour chaque type, les équipements nécessaires, leur dates, ... et ce afin d'en déduire les ressources et capacités nécessaires à leur accomplissement.

### **II.2.3.4 Revue des données-alignement**

Ayant une estimation de la demande ainsi que les ressources nécessaires, l'équipe du Head quarter ainsi que le S&OP leader établissent un plan de demande ajusté, aligné avec les capacités et ressources des ateliers de production.

### **II.2.3.5 La planification des ressources**

Le plan de la demande aligné étant prêt, le supply chain manager en collaboration avec les directeurs de production régionale, décline le plan de la demande sur chaque région et chaque site de production pour en déduire la planification finale des moyens de productions.

Cette planification régionale est transmise par la suite aux différents sites de production sous forme de plan industriel périodique. Celui-ci est soumis à des modifications mensuelles des plans de productions, suite à l'intervention de différents paramètres liés aux moyens de production pouvant générer des écarts entre la production planifiée et la production réalisée.

- **Analyse SWOT de la planification industrielle et commerciale**

L'analyse (ou la matrice) SWOT est définie comme : « un outil d'analyse stratégique ». Il combine l'étude des forces et des faiblesses d'une organisation, d'un territoire, d'un secteur, avec celle des opportunités et des menaces de son environnement, afin d'aider à la définition d'une stratégie de développement. À ce titre l'analyse SWOT fait partie des outils qui contribuent à l'étude de la pertinence et de la cohérence d'une action future (qu'il s'agisse d'une action ponctuelle ou d'une stratégie d'ensemble) (ALAOUI, 2003).

Dans le cadre de l'évaluation du processus de planification industrielle et commerciale, l'utilisation de l'analyse SWOT est généralement centrée sur la formalisation des points positifs et négatifs en identifiant les facteurs de son environnement pouvant influencer favorablement ou

défavorablement sur le fonctionnement de ce processus. L'analyse SWOT permet de mettre en évidence les lacunes et ainsi d'affiner ou d'évaluer la stratégie envisagée pour y faire face.

Le tableau 1 regroupe les dimensions citées ci-dessus (forces-faiblesses-opportunités-menaces)

*Tableau1-1 Analyse SWOT de la planification industrielle et commerciale*

<p><b><u>Forces :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La planification des arrêts qui peut être connue au préalable (en fonction des heures de marches)</li> <li>• La disponibilité d'un personnel hautement qualifié aptes à adopter et implémenter de nouveaux outils d'optimisation du plan industriel et commercial.</li> </ul>	<p><b><u>Faiblesses :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les opérations de saisie erronées pouvant détériorer la qualité des données.</li> <li>• L'intervention d'une multitude de personnes ayant chacune une vision à part.</li> <li>• La qualité des données liées aux moyens de production qui s'exprime sous forme d'écart entre les capacités réelles et les capacités théoriques.</li> <li>• La non-fiabilité des données causée par une redondance (multitude de sources de données)</li> <li>• L'estimation de la part du marché</li> <li>• L'absence du suivi continu des opportunités</li> <li>• L'absence d'un modèle de planification quantitatif</li> </ul>
<p><b><u>Opportunités :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'élaboration d'un modèle de planification quantitatif basé sur des données actualisées.</li> <li>• Le pouvoir d'anticiper la demande grâce à la bonne connaissance des clients, et de leurs besoins.</li> <li>• L'amélioration des opérations de saisie à travers des formations du personnel.</li> </ul>	<p><b><u>Menaces :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les nouveaux concurrents</li> <li>• Les fluctuations du marché</li> <li>• L'incertitude de l'environnement</li> <li>• Le changement des données lié aux facteurs externe à GE.</li> </ul>

### III. Résultat du diagnostic et définition du contexte de l'étude

Les résultats du diagnostic, ainsi que les échanges avec le S&OP leader et les directeurs des ventes régionaux, nous ont permis de mettre en évidence une problématique liée à l'inefficacité du plan industriel et commercial, la résolution se fera en deux étapes, la première concerne la fiabilité des données d'entrée du plan industriel et commercial, quant à la deuxième, elle est relative à l'inexistence d'un modèle quantitatif de planification industrielle et commerciale.



Dans un scénario idéal, l'entreprise aurait des données intégrées communes et fiables, ce qui faciliterait la collaboration de tous les intervenants afin de créer un plan industriel et commercial optimal, unique et réalisable.

La réalité est toutefois différente et souvent beaucoup plus complexe et difficile à réaliser. Des dysfonctionnements existent et il y a des difficultés à aligner les efforts des différents départements participant à l'élaboration du plan industriel et commercial.

Etant présente dans plusieurs régions dans le monde, GE Power Services se trouve face à un problème de déconnection entre les différents sites de production ainsi que les départements commerciaux présents dans différentes régions. Ceci a engendré ces deux dernières années un écart important de l'ordre de 80% entre la demande prévisionnelle du marché et la planification de la production (voir annexe N°2).

Le processus de planification industrielle et commerciale chez GE qui est basé en grande partie sur la collaboration entre les différents intervenants à chaque phase (expliqué ci-dessus), peut induire des déficiences majeures dues à la non fiabilité des données d'entrées du PIC et à l'absence d'un modèle quantitatif standard, ce qui donne lieu à un plan industriel et commercial peu fiable.

Dans le cadre de ce travail, il s'agira donc de contribuer à fiabiliser les données d'entrées du PIC, et de concevoir un outil décisionnel permettant de contribuer à l'amélioration de la qualité du plan industriel et commercial tout en respectant les différentes contraintes imposées par le système de production.

Ainsi, pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de prendre en considération la dimension quantitative de la planification industrielle et commerciale, et d'envisager les différents scénarios de planification, afin d'en déduire le plan industriel et commercial optimal.

## ***Conclusion***

L'étude de l'existant à travers les diagnostics interne et externe nous a permis de mettre en évidence la problématique principale au niveau du département commercial qui porte sur l'optimisation du plan industriel et commercial.

Dans le but de trouver une solution à cette dernière, il est important de bien comprendre toutes les notions liées à ce contexte, notamment : la planification à moyen terme, le plan industriel et commercial, les outils et méthodes d'optimisation du plan industriel et commercial, ... Le chapitre qui suit abordera de façon détaillée et explicite, ces notions clés à travers un état de l'art.

**CHAPITRE 2 : *Etat de l'art***

## ***Introduction***

La démarche adoptée pour le choix d'une solution au problème de difficulté de prise de décision liée à la planification à moyen terme comporte quatre parties.

La première et la deuxième partie ont pour but d'étudier les fonctions principales concernées par ces décisions afin d'identifier les besoins et exigences nécessaires à leur bon fonctionnement ainsi que les procédures suivies en entreprise pour remédier aux problématiques de planification.

La troisième partie concerne le processus S&OP qui permet la prise de décision, ses impératifs de façon générale, ainsi que l'impact qu'il a sur chaque fonction de l'entreprise.

La dernière partie présente de nombreux outils qui répondent à la problématique d'optimisation du PIC.

### **I. Logistique et supply chain**

La logistique tend à recouvrir essentiellement les fonctions de stockage et de transport, et se voit élargir son domaine en amont vers l'achat et l'approvisionnement et en aval vers la gestion commerciale et la distribution dans les entreprises de production. La définition d'origine militaire de la logistique est donnée par (PIMOR et Al FENDER, 2008) sous : « La logistique consiste à apporter ce qu'il faut, là où il faut et quand il faut. »

En effet, plusieurs logistiques ont émergé et se sont distinguées par leur objet et leurs méthodes (BELT, 2008) :

- Une logistique d'approvisionnement qui permet d'amener dans les usines la matière première notamment les produits de base, composants et sous-ensembles nécessaires à la production.
- Une logistique d'approvisionnement général qui permet d'apporter à des entreprises de service la matière dont elles ont besoin pour leur activité.
- Une logistique de production qui consiste à apporter aux lignes de production les composants nécessaires à la production.
- Une logistique de distribution, qui consiste à apporter au client final, les produits dont il a besoin.
- Une logistique militaire qui vise à transporter sur un plan d'opération les forces et tout ce qui est nécessaire à leur mise en œuvre opérationnelle.
- Une logistique de soutien, connue chez les militaires et étendue plus tard à d'autres secteurs, aéronautique, énergie, industrie, etc., qui consiste à organiser tout ce qui est jugé nécessaire pour maintenir en opération un système complexe.
- Une logistique dite de service après-vente assez proche de la logistique de soutien, et contrairement à cette dernière la logistique après-vente est exercée dans un cadre marchand par celui qui a vendu un bien ;
- Une logistique dite à l'envers ou rétro-logistique, consiste à reprendre des produits dont le client ne veut pas ou qu'il veut faire réparer, ou encore à traiter des déchets industriels, emballages et des produits inutilisables ;

Il y avait donc bien des logistiques différentes, mais ce n'est qu'avec l'arrivée du concept de supply chain qu'une certaine dimension éloignée de la neutralité à l'égard de l'organisation des entreprises a pu être apportée.

La supply chain est un concept relativement récent « apparu il y a une quinzaine d'années » (CHOPRA et MEINDL, 2016). Il véhicule une certaine conception de l'organisation et du management des entreprises. Il permet de promouvoir, soit la vente d'outils tels des progiciels, soit la vente de conseils pour accéder à certaines formes de management, soit une certaine dimension du management dans leur propre entreprise, ou parfois même une certaine conception de l'économie.

La supply chain est définie souvent comme « la suite des étapes de production et distribution d'un produit depuis les fournisseurs des fournisseurs du producteur jusqu'aux clients de ses clients » (MENNUCCI, 2012).

## **II. La planification en entreprise**

### **II.1 Définition**

La planification est un processus formalisé de prise de décision élaborant une représentation voulue de l'état futur de l'entreprise et spécifiant les modalités de mise en œuvre de cette volonté. La planification joue un rôle clé dans le succès d'une entreprise. En rédigeant un plan stratégique et un plan détaillé, l'entreprise peut se donner un mandat et adopter une marche à suivre qui lui permettra de connaître le succès (CORNIC, 2016).

L'élaboration de plans est une démarche explicite, qui s'appuie sur une méthode et se déroule dans le temps (respect des délais) et dans l'espace (réalisation physique nécessitant un espace), selon un programme préalablement déterminé (par des autorités supérieures sur le plan institutionnel et des compétences sur le plan technique) (NEKOUROUH, 2010).

### **II.2 Les différentes catégories de planification**

#### **II.2.1 Planification stratégique**

La planification stratégique est la première phase dans la démarche de planification. Elle s'étale sur plus de cinq ans et consiste à fixer un ensemble d'objectifs cohérents de développement dans les divers domaines d'activité de l'entreprise à l'aide d'outils d'anticipation de l'avenir, à identifier les grandes orientations permettant à l'entreprise de modifier, d'améliorer ou de conforter sa position face à la concurrence (MORNET, 2013).

#### **II.2.2 Planification opérationnelle**

La planification opérationnelle est la définition des moyens à mettre en œuvre dans un cadre pluriannuel pour atteindre les objectifs stratégiques ; elle traduit ces orientations stratégiques en programmes applicables par tous les services, départements et unités de l'entreprise dans le cadre de leurs activités courantes sur une période de cinq ans au maximum.

Les plans opérationnels répartissent les objectifs et les moyens dans le temps et par fonction et élaborent des plans détaillés, coordonnés, qui concernent la production, la commercialisation,

ainsi que tout autre département impliqué dans l'activité de l'entreprise (PERROT & VILLEMUS, 2015).

### **II.2.3 Planification tactique**

Alors que la planification stratégique à long terme répond aux questions : « où en sommes-nous aujourd'hui ? » et « où voulons-nous aller ? », la planification tactique répond à la question : « comment allons-nous y aller ? » à court terme, car elle s'étale sur une période inférieure à un an.

La planification tactique identifie les grandes activités qui sont nécessaires pour atteindre les objectifs stratégiques, définit les programmes, les projets les opérations et les activités propres à chaque unité organisationnelle (FENDER & BARON, 2012).

## **III. Le processus S&OP**

Le processus S&OP se déroule au sein des Fonctions d'entreprise et nécessite la contribution combinée de plusieurs fonctions comme les ventes, les opérations ou les finances. Dans un comportement organisationnel, la démarche du S&OP vise l'alignement et l'intégration des fonctions à un niveau planifié et opérationnel, par le biais d'un ensemble défini de processus, d'étapes et de réunions de validation (AMODEO & YALAOUI, 2011).

### **III.1 L'environnement et la place dans la planification**

Comme nous pouvons le voir sur le schéma de la figure 2-1, les plans stratégiques de l'entreprise situés en amont sont reliés au S&OP. Ceux-ci sont généralement réalisés par la direction générale et concernent des horizons à très long terme. Par conséquent, les contraintes sont très basiques car elles concernent un niveau très agrégé. Le S&OP doit donc être aligné avec les orientations stratégiques de l'entreprise (WALLACE & STAHL, 2008).

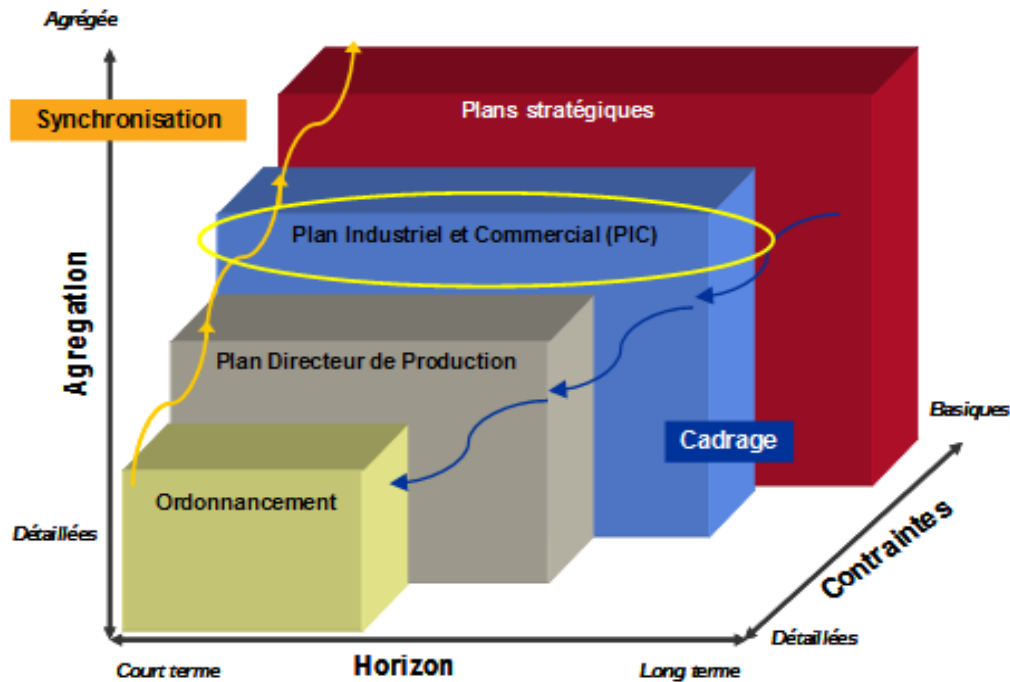


Figure 2-1 les différents niveaux de planification (PEA CONSULTING, 2014)

Lorsque le cycle du S&OP est réalisé, les données de sortie de ce processus vont alimenter le Plan Directeur de Production (PDP). Celui-ci définit, par produit fini, les quantités à produire par mois ou par semaines (dans le cas d'horizons plus courts tant de livraison que de fabrication). Grâce à lui, il sera possible d'estimer les capacités en ressources de production (personnel, machines, niveau de stock possible, capacités d'approvisionnement) et les comparer à la charge pour faire en sorte que les deux soient en adéquation (FENG, 2010). De plus, les acteurs auront la possibilité de s'assurer que les engagements qui ont été pris avec le service commercial concernant la disponibilité des produits pourront être tenus.

### III.2 Le rôle et les objectifs du Plan Industriel et Commercial

Selon (WALLACE & STAHL, 2008) le PIC est « un ensemble de processus qui aide les entreprises à garder l'équilibre entre l'offre et la demande. Il inclut la réunion exécutive, la prévision des ventes, la planification de la demande, la planification des besoins en ressources ainsi que d'autres outils de planification pour les usines et les fournisseurs. Utilisé au départ à un niveau de planification agrégée, sa compréhension s'est élargie pour inclure des éléments qui interagissent au niveau micro-économique ». Son rôle principal se trouve alors dans l'anticipation des possibilités d'évolution des ventes et par conséquent des charges de travail induites. Cette anticipation doit permettre à l'entreprise de se doter des moyens industriels et logistiques nécessaires pour pouvoir répondre à la demande du marché. Le PIC peut également avoir un rôle de répartition lorsqu'il y a dans la chaîne logistique plusieurs usines, fournisseurs, sous-traitants ou entrepôts de distribution. En effet, c'est à ce moment que l'entreprise va décider par exemple de la répartition de la fabrication des produits entre différentes usines ou bien de l'allocation de pièces chez un sous-traitant plutôt qu'un autre.

Enfin, le PIC est un espace de négociation où la direction générale établit ses choix stratégiques. Etant donné que les différents services de l'entreprise ont des intérêts parfois divergents, la direction joue le rôle d'arbitre lors du PIC. C'est pourquoi ce processus a un rôle stratégique.

Sa première utilité est d'éviter les actions « pompier » qui créent de l'entropie et mobilisent beaucoup de personnes venant de différents services pour prendre des décisions dans l'urgence. L'attention se porte sur le niveau macro-économique et cela oblige l'entreprise à sortir du quotidien en prenant du recul sur ce qui se passe ou risque de se passer. Elle va chercher grâce au PIC à optimiser et améliorer l'utilisation ainsi que la planification des ressources

Par ailleurs, un autre objectif du PIC est de faire partager les décisions par tous les responsables de services et de vérifier sa cohérence avec la vision stratégique et les objectifs financiers de l'entreprise. Ceci va permettre de partager par la suite les mêmes données dans tous les services et d'aligner tous les plans (stratégique, production, achats, etc.). C'est une donnée extrêmement importante qui associe le PIC à la notion de référentiel commun s'appuyant sur un modèle collectif. En effet, sans ce processus, chaque acteur ou service de l'entreprise se trouve dans sa bulle et a donc une rationalité limitée avec une logique d'interface. Les individus se dotent de moyens propriétaires et travaillent à leur manière. Avec le processus du PIC, les données de sortie vont servir de référentiel comme un ensemble de normes et règles permettant une œuvre collective.

La mise en place du processus S&OP au sein des organisations s'avère donc nécessaire du fait des avantages qu'il peut apporter vis-à-vis de la performance de l'entreprise.

### **III.2.1 Optimisation des prévisions de ventes**

Le système S&OP permet d'optimiser les prévisions de ventes. Les différentes entités intervenant dans le processus classique de prévision de ventes sont réunies à cet effet.

### **III.2.2 Augmentation des ventes**

Le modèle S&OP permet également d'augmenter les ventes de l'entreprise. En effet, les ventes sont stimulées grâce à une meilleure connaissance du marché.

L'augmentation des ventes est un effet recherché par toutes les entreprises puisque cela induit, une augmentation de leur chiffre d'affaires. Le chiffre d'affaires d'une entreprise est un des éléments très suivis par le top management puisqu'il correspond à ce qui génère les revenus de l'entreprise : total des ventes de biens et de services d'une entreprise sur un exercice comptable. Le modèle S&OP, de par la collaboration entre les différents intervenants, permet de stimuler les ventes de l'entreprise. En effet, les interlocuteurs sont ainsi beaucoup plus au fait des différentes actions de chacun. Ainsi si le département Marketing décide de mettre en place une action commerciale sur un produit, les équipes de ventes présentes à la réunion S&OP pourront de fait adapter la force de vente en fonction de la situation. Les ventes en seront d'autant plus stimulées (ALLE, 2017).

De plus, si le processus permet d'être au plus juste dans les prévisions de ventes, il permet également de fortement réduire, voire d'éviter le plus possible les ruptures de stocks, période durant laquelle la perte de ventes peut être importante.

### **III.2.3 Optimisation de la production**

Le modèle S&OP permet d'optimiser la gestion de la production dans une entreprise.

La stabilité de la production et la réduction des délais permettent à l'entreprise d'être beaucoup plus flexible grâce à la collaboration interne.

Ainsi, la mise en place du S&OP permet dans un premier temps d'optimiser la production, en l'améliorant et en renforçant sa stabilité.

La stabilité de la production est un élément important pour une entreprise car elle permet d'optimiser l'utilisation des ressources, matérielles ou humaines, servant à la production. En effet, de fortes variations de l'activité de production engendrent des problèmes de capacité des machines et des hommes. En forte période de production, les machines fonctionnent à plein régime et il est nécessaire de recourir à des heures supplémentaires, d'employer des intérimaires ou des CDD (contrats à durée déterminée). En ce qui concerne les machines, en surcapacité, elles risquent de s'user plus vite, d'être moins rentables, et donc de coûter plus à l'entreprise.

Dans le cadre du S&OP, les commerciaux étant avertis à l'avance des contraintes clients et les équipes de production étant averties des besoins du marché, ils peuvent ensemble définir un plan de fabrication visant à satisfaire les exigences de chacun. De plus, le processus S&OP est un processus « bottom up » : partant des équipes sur le terrain et remontant vers la direction. De fait, les managers de chaque entité, pendant la phase de validation, s'accordent sur des décisions prises précédemment par les membres de leurs équipes respectives. Ils ont donc toutes les informations en main pour prendre les décisions nécessaires permettant d'optimiser la production, et plus particulièrement de la lisser.

Par ailleurs, l'optimisation de la production est également rendue possible par la réduction des délais de production. La réduction des délais de fabrication pour un industriel est un élément très important car il permet de mettre sur le marché un produit beaucoup plus rapidement. Un produit, pendant toute sa phase de recherche et développement, ainsi que dans la phase de pré-commercialisation, coûte à une entreprise puisqu'il mobilise des ressources humaines et financières sans pour autant générer de bénéfices. De fait, plus cette période est raccourcie moins les coûts sont importants.

Il est également important d'avoir des délais de production relativement courts afin d'être beaucoup plus flexible en cas de variation de la demande. L'entreprise est ainsi capable de modifier ses prévisions pour ne pas subir cette variation (CROIZAT, 2017).

Le processus S&OP permet d'optimiser le délai de production grâce à une collaboration accrue entre tous les services impliqués dans la vie du produit. La collaboration étant intégrée dans la culture d'entreprise, lorsque des produits vont être lancés, les équipes responsables du lancement travaillent en collaboration avec la production afin que le produit puisse être réalisé au plus vite.

De plus, la stabilité de la production permet de réduire un certain nombre de goulots d'étranglement dans les usines et donc de réduire les délais de production.

### **III.2.4 Réduire les stocks**

Grâce en partie aux différents bénéfices que nous venons d'évoquer, le modèle S&OP permet aussi de réduire les stocks de l'entreprise.

Réduire ses stocks est un élément crucial pour une industrie. Les stocks sont une source de coût, que ce soit par l'immobilisation financière des produits non vendus ou le coût du stockage physique. Ainsi, la réduction des stocks permet à l'entreprise de libérer facilement du cash-flow, la différence des encaissements (recettes) et des décaissements (dépenses) engendrés par l'activité d'une organisation.

Grâce à l'optimisation des prévisions de ventes, le modèle S&OP permet de réduire le stock. En effet, plus les prévisions sont proches de ce qui est réellement consommé moins il est nécessaire de stocker des produits.

De plus, l'optimisation de la production avec une production plus flexible permet également sur le moyen et long terme de réduire les stocks.



Par ailleurs, la collaboration permet également de garantir une confiance mutuelle entre les acteurs. Ce sentiment a pour effet une réduction du stock de sécurité que chacun pouvait s'imposer : le Marketing en augmentant les prévisions de ventes par exemple.

### **III.2.5 Améliorer la qualité de service clients**

Enfin, le dernier objectif du modèle S&OP est d'améliorer la qualité du service client. De par les différentes optimisations qu'apportent l'implémentation du modèle S&OP, la satisfaction du client ne peut être qu'améliorée.

Les prévisions de ventes étant meilleures, les ruptures de stocks diminuent. De fait, le client ne devrait plus se trouver confronté à une situation où le produit n'est pas disponible lorsqu'il en a besoin.

De plus, l'optimisation de la production permet une stabilisation de la production et une réduction des délais de fabrication. De fait les commerciaux sont capables, grâce à la collaboration, de proposer aux clients des délais que l'entreprise sera capable de tenir. Ce qui permet une fois encore d'optimiser la qualité du service client.

## **III.3 Les données d'entrée du plan S&OP**

### **III.3.1 Les prévisions de vente**

La prévision des ventes, donc de la demande, est à la base du S&OP puisqu'elle déterminera un niveau de charge de travail pour l'entreprise. La qualité du processus sera dépendante de la qualité des prévisions. Selon (BELT, 2008) une définition pratique pour la logistique serait « *une estimation de la demande indépendante à venir, qui ne peut être calculée à partir d'un autre évènement futur dans la chaîne logistique* ». Son objectif principal est de réduire les aléas sur les périodes à venir en minimisant l'écart entre la prévision et la réalisation. Elle peut être quantitative ou qualitative et faite avec des éléments exogènes (venant du marketing par exemple) ou endogènes (fournis par le service logistique).

Généralement, les prévisions se font une fois par mois sauf s'il y a besoin de le faire plus souvent. Effectuer des prévisions plus d'une fois par mois peut devenir un danger car elles entraînent des conséquences qui orientent la tactique de l'entreprise. Or, il n'est jamais judicieux pour l'entreprise de changer ses plans au niveau tactique trop souvent surtout si la fiabilité des prévisions n'est pas avérée.

Le processus de planification de la demande se déroule généralement en 5 étapes (WALLACE & STAHL, 2008) :

#### **III.3.1.1 Agrégation et revues des prévisions**

On revoit et on analyse dans cette étape les causes d'une variation significative des prévisions et on remonte également les prévisions détaillées au niveau agrégé.

#### **III.3.1.2 Ajout des prévisions concernant les nouveaux produits**

La prévision des nouveaux produits est essentielle dans cette phase de planification de la demande. En effet, des personnes différentes sont impliquées, des techniques de prévisions

différentes sont utilisées et l'introduction de nouveaux produits provoque souvent une banalisation des autres produits.

### **III.3.1.3 Prévisions des gros volumes**

Cette étape est plus utilisée pour la fabrication à la commande (make-to-order) ou l'on projette la demande future des clients. On peut la trouver pour la fabrication sur stock (make-to-stock) pour les clients importants.

### **III.3.1.4 Application des facteurs externes, hypothèses et conversion financière**

Il y a des facteurs externes qui influencent les prévisions. Le jugement a donc un rôle essentiel. Par ailleurs, il est vital de garder une trace des hypothèses qui ont été prises pour faire les prévisions. Cela peut éviter de se poser une multitude de questions face aux variations des prévisions.

Il est nécessaire également de convertir les unités en données financières sans oublier de les mettre à jour régulièrement. Des réconciliations doivent enfin avoir lieu entre les ventes et le marketing par exemple afin de valider les données.

### **III.3.1.5 Validation des prévisions**

Cette étape essentielle valide les prévisions effectuées. Elle doit contenir les nouvelles prévisions en unités et valeurs financières, les hypothèses clés utilisées pour les nouvelles prévisions et la comparaison avec les prévisions précédentes et le business plan.

## **III.3.2 Les ressources de l'entreprise**

Après avoir prévu et planifié la demande, l'entreprise doit pouvoir déterminer les capacités dont elle dispose afin d'effectuer, entre autres, les calculs d'adéquation entre la charge et la capacité.

Ce processus peut être scindé en 4 étapes (MEINDL, 2009) :

### **III.3.2.1 Revue des performances concernant les capacités**

Il est comparé ici les performances actuelles par rapport au plan du mois qui vient de se terminer. Ceci est réalisé à la fois pour les ressources internes et les produits sous-traités.

### **III.3.2.2 Modification et validation des hypothèses**

Il y a un certain nombre d'hypothèses à valider ou à modifier. Par exemple, la rapidité d'une machine peut évoluer. C'est pourquoi il faut ensuite mettre à jour tout ce qui s'en suit au niveau des capacités des ressources.

### **III.3.2.3 Utilisation de la planification des ressources**

Il est nécessaire de posséder la liste des ressources et des hypothèses simplifiées et figées. Par exemple, la productivité d'une machine restera la même, la demande sera figée, etc. Cette étape montrera la capacité d'une ressource sur plusieurs mois ce qui permet de voir la faisabilité par ressource à long terme. La question à se poser est : quelles ressources inclure ? En effet, il n'est

généralement pas possible d'inclure toutes les ressources. Il faut donc prendre les ressources clés en se basant sur les critères déterminants qui peuvent être :

- Les goulots d'étranglement.
- Impossibilité de transférer sa charge de travail à une autre.
- Longs délais pour augmenter la capacité (formation longue...).
- En relation forte avec des nouveaux produits.
- Cela est trop coûteux de sous-produire ou d'éteindre la machine.

#### **III.3.2.4 Développement de scénarii alternatifs**

Quand une ressource est surchargée, il faut appliquer des solutions comme les heures supplémentaires, des embauches, ajout d'équipe, transférer la charge sur une autre ressource, sous-traiter, réduire la taille des lots, etc. Si l'entreprise ne les applique pas, il y aura inadéquation entre la charge et la capacité. Parfois, le personnel peut résoudre les problèmes de charge lui-même mais il y a besoin le plus souvent d'une décision de la direction. Il est donc important d'analyser plusieurs scénarii avant la prise de décision ; cela doit être clair, concis et comporter des données financières.

### **III.4 Les stratégies déployées par l'entreprise pour répondre aux inadéquations**

Lorsque l'entreprise a effectué ses prévisions de la demande et qu'elle a planifié ses ressources, elle doit faire face généralement à des inadéquations entre la charge et la capacité. Pour pouvoir palier à cela, des stratégies seront développées dans les scénarii alternatifs de la dernière étape du S&OP. On dénombre trois stratégies de base qui peuvent évoluer selon le contexte et l'entreprise (CHOPRA et MEINDL, 2016).

#### **III.4.1 La stratégie de niveau ou lissage**

Cette stratégie est particulièrement adaptée lorsque les ressources de l'entreprise sont difficilement flexibles. L'accent va être porté sur la charge en maintenant une activité de production stable toute l'année. La surcharge sera anticipée ou retardée ce qui a comme conséquences soit une fluctuation des délais de livraison soit la mise en place d'un stock d'anticipation pour absorber les écarts. Cependant, il est nécessaire que ces stocks n'aient pas de coûts ou risques excessifs. Cette stratégie est bien adaptée pour les produits ayant une faible variabilité avec des prévisions fiables et des écarts saisonniers raisonnables.

#### **III.4.2 La stratégie de poursuite**

Cette stratégie se met en place lorsque le stock d'anticipation n'est pas possible. Elle consiste à se donner les moyens d'adapter, pour chaque période, la capacité des ressources à la charge correspondant à la demande. La production mensuelle suit donc l'activité mensuelle. Cette stratégie est utile pour les fortes variations de la demande. Si les fluctuations saisonnières sont très prévisibles longtemps à l'avance, les modulations de capacité pourront être planifiées en amont et le coût sera moindre. En revanche, si les fluctuations sont peu prévisibles, les modulations ne pourront pas être planifiées et le délai de mise en place devra être court avec des coûts très élevés. Pour que cette stratégie soit cohérente, les ressources critiques ne doivent

pas avoir des coûts de flexibilité trop élevés. Pour les ressources humaines, les actions sur la capacité pourront être les suivantes (PERROT & VILLEMUS, 2015) :

- Négociation des périodes de congés avec les salariés pour pouvoir les placer pendant les périodes de faible activité (par exemple les mois de Juillet et Août sur le graphique de la figure 4).
- Modification des horaires de travail : modulation des horaires sur l'année ou sur plusieurs mois. Le but est d'avoir des horaires réduits pendant les périodes à faibles ventes et accrus pour les fortes ventes. Ceci permet d'éviter les heures supplémentaires qui restent possibles mais beaucoup plus coûteuses.
- Variation du niveau de main d'œuvre par embauche. Les entreprises font de plus en plus appel à des Contrats à Durée Déterminée (CDD) pour limiter les risques.
- Intérim pour faire face à des fortes augmentations de charge.
- Sous-traitance à un fournisseur externe.

### **III.4.3 La stratégie de management de la demande**

Le but de cette stratégie est d'éliminer les fluctuations de la demande en agissant sur celle-ci. On constate que deux leviers sont possibles. Dans un premier temps l'entreprise peut mettre en œuvre une politique de prix adaptée, qui cherchera à lisser la demande en favorisant les ventes en période basse (grâce à des promotions par exemple) et en défavorisant les ventes en période forte (FENDER & BARON, 2012).

### **III.5 Le cycle du processus S&OP**

Le processus du S&OP (ou PIC en français pour Plan Industriel et Commercial) est un processus cyclique généralement constitué de cinq grandes étapes et qui dure en moyenne 1 mois sur un horizon de prévisions de 18 mois. Les mêmes étapes se répètent donc chaque mois mais avec des données d'entrée différentes (LEMOINE, 2008).

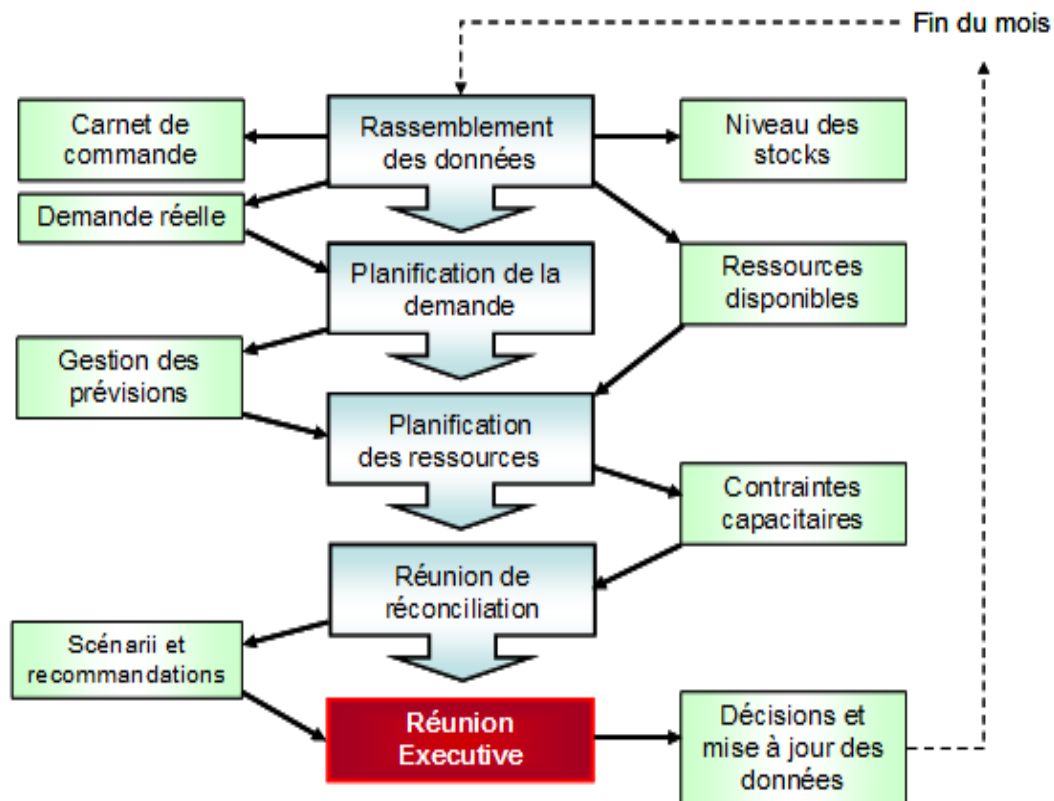


Figure 2-2 : le cycle du PIC (LECOMTE, 2009)

### III.5.1 Le rassemblement des données

Cette étape débute par la mise à jour des données du cycle précédent. En effet, les données de sortie du cycle précédent sont les données d'entrée du nouveau cycle. Ceci permet de générer des informations pour les nouvelles prévisions ; elles seront affectées par les décisions qui ont été prises à la fin du cycle antérieur. Enfin, lorsque toutes les informations nécessaires ont été rassemblées, elles sont diffusées aux personnes concernées (CHOPRA, 2012).

### III.5.2 La planification de la demande

Les personnels des services ventes et marketing reçoivent et analysent les informations qui ont été générées à l'étape précédente. Il faut arriver à un « management des prévisions » où la dimension humaine prend le dessus. Elle dépasse la dimension purement scientifique et statistique pour être davantage en adéquation avec la réalité. Elle prend donc en compte l'expérience des individus, leur intuition, leurs connaissances du marché ainsi que de la conjoncture actuelle pour enfin y ajouter des données empiriques.

Une fois les chiffres des « nouvelles » prévisions rassemblés, il est nécessaire de les documenter afin d'appuyer et de prouver les tendances qui se dégagent tout en gardant une trace des hypothèses qui ont été prises. Ceci permettra par ailleurs de pouvoir revenir dessus plus tard si une analyse spécifique doit être réalisée et/ou de les présenter si nécessaire à la réunion exécutive qui clôt le cycle (MEINDL, 2009).

### III.5.3 La planification des ressources

Les nouvelles prévisions sont les données d'entrée de cette phase qui se trouve sous la responsabilité des opérations. Le plan de production doit être modifié en fonction des mises à jour qui ont été effectuées puis sa faisabilité devra être vérifiée grâce à des tests. Il convient de faire ici la distinction entre des ressources alignées et des ressources non-alignées. On parle de ressources alignées lorsqu'un produit N ou une famille N de produits est attribué à une ressource ou un ensemble de ressources N. Dans ce cas, le contrôle de la capacité se fait directement dans les feuilles de calcul du PIC puisqu'il y a une relation unique entre le produit et la ressource. La charge induite par le produit ou la famille de produit représente l'unique charge pour la ressource. En revanche, il arrive souvent dans les entreprises que les ressources ne soient pas alignées c'est-à-dire qu'une ressource aura une charge composée de plusieurs produits complètement différents. L'exemple type pour ce genre de ressource est le poste de travail de l'emballage. En effet, il se situe généralement à la fin des lignes de production et traite l'ensemble des produits de toutes les lignes. Par conséquent, ce poste de travail aura besoin d'une planification pour pouvoir équilibrer le besoin en capacité avec la disponibilité du poste (ALLE, 2017).

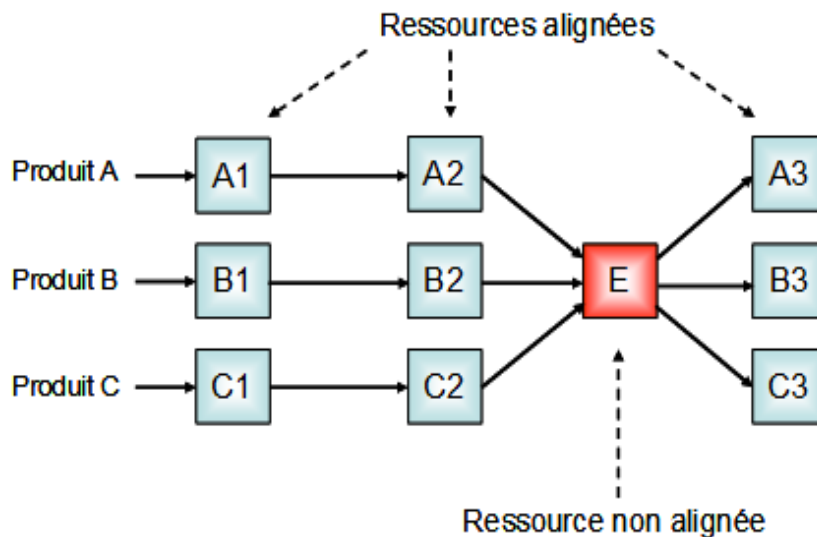


Figure 2-3 : le concept de ressources alignées et non-alignées (LECOMTE, 2009)

### III.5.4 La pré-réunion

L'objectif principal de cette étape est de préparer la réunion exécutive en réconciliant tous les acteurs. Ainsi, l'équipe doit prendre des décisions concernant les problématiques qui ont émergé lors de la planification de la demande et des ressources (PERROT & VILLEMUS, 2015).

### III.5.5 La réunion exécutive

Cette réunion devant la direction clôt le cycle du PIC. Elle vise à présenter, après une analyse synthétique de la période écoulée, les décisions qui ont été prises à la pré-réunion ainsi que les scénarii développés pour les familles de produits où aucun consensus n'a été trouvé. Par ailleurs, une revue financière est effectuée pour constater les écarts avec le business plan et prendre ainsi les bonnes décisions. La réunion doit inclure les dirigeants des services ventes,

marketing, logistique, opérations, développements produits, finance et ressources humaines (FENDER & BARON, 2012). Cette étape inclut également l'envoi du compte-rendu de la réunion qui récapitule entre autres les décisions qui ont été prises ainsi que les données qui ont été mises à jour et qui serviront de données d'entrée pour le prochain cycle.

## **IV. Méthodes d'optimisation du plan industriel et commercial**

### **IV.1 Méthode de résolution basée sur la simulation-optimisation pour la construction d'un modèle de planification industrielle et commerciale**

La simulation est considérée comme un outil très puissant utilisé pour la résolution d'un grand nombre de problèmes complexes.

En effet la simulation permet d'étudier et analyser facilement des systèmes complexes, aléatoires et présentant de nombreuses sources d'incertitudes. Néanmoins, la simulation ne propose pas de solutions optimisées et n'est capable de tester que des scénarii alternatifs. De plus, le temps de calcul qui permet d'obtenir des résultats fiables, rigoureux et robustes devient vite trop important.

Bien que la simulation soit utilisée pour améliorer l'efficacité et l'efficacite de larges systèmes complexes tout en prenant en compte des incertitudes, elle reste inadéquate pour la résolution des problèmes d'optimisation, ce qui nous mène donc vers ce qu'on appelle l'approche simulation-optimisation qui est une approche hybride consistant à trouver, de manière structurée, les paramètres optimaux, après que la fonction objectif soit mesurée par un modèle de simulation.

Une résolution par la simulation-optimisation nécessite la conception d'un modèle de simulation suivi d'une construction d'un module d'optimisation qui lui sera couplé. Ainsi, le modèle de simulation apparaît comme une boîte noire pour le module d'optimisation (MARRIER, 2015).

Ainsi, la simulation-optimisation permet de combiner les avantages de la simulation (prise en compte de la complexité et des incertitudes) et de l'optimisation (paramétrage optimal du système).

#### **IV.1.1 Le modèle de simulation**

Les fonctions objectif stochastiques d'un problème sont évaluées par un modèle de simulation mis en œuvre dans un langage de programmation Java. Pour une politique donnée et un ensemble de paramètres, son but est de calculer les coûts de logistique, le pourcentage de commandes retardées, le pourcentage de ventes perdues et le délai moyen (LIM, 2014).

Chaque course de simulation commence par une période d'échauffement de  $x$  semaines au cours de laquelle toutes les exigences sont connues avec certitude. Le modèle simule la génération de prévisions, les arrivées des commandes clients, la dynamique des contraintes de vente et des commandes retardées, le positionnement des demandes des clients dans la planification de la production, les achats partiels, les fournitures d'urgence et la création de contraintes de vente.

Le modèle peut gérer différents types de distributions de probabilités pour la demande et la précision de la prévision. Les classes de politiques décrites dans la section précédente sont

mises en œuvre dans le module de simulation. Les différents types d'impatience des clients et les arrivées de la demande peuvent être inclus dans le modèle.

### **IV.1.2 La procédure d'optimisation**

L'objectif du module d'optimisation est d'explorer efficacement l'espace de l'état des solutions pour trouver les meilleures valeurs pour les variables de décision (LIM, 2014).

L'objectif de cette procédure est de proposer une solution applicable pour un problème pratique. La plupart des techniques utilisées dans les modèles d'optimisation de simulation s'appuient sur la recherche locale. Pour effectuer une recherche locale, l'algorithme doit comparer différentes solutions.

## **IV.2 La modélisation linéaire pour l'optimisation du PIC**

La planification de l'activité industrielle nécessite de prendre des décisions stratégiques au niveau des stocks, de la demande et des contraintes de production. Le poids de ces décisions conduit à élaborer et optimiser les Plans Industriels et Commerciaux sur un horizon de 12 à 24 mois. Les modèles utilisant la programmation linéaire établissent une stratégie "optimale" face aux changements fréquents dans les paramètres d'élaboration (GENIN, 2001).

L'élaboration d'un plan industriel et commercial optimal que permet la modélisation linéaire, fera l'objet de la discussion lors de la pré-réunion et la réunion exécutive du processus S&OP.

Le rôle de la modélisation linéaire dans la recherche de plans fiables, est de trouver l'équilibre optimal entre les facteurs qui, souvent, se font opposition au sein des entreprises. Ainsi, le niveau des stocks, le nombre d'ouvriers, les coûts reliés à leur travail, les quantités d'heures, les machines disponibles sont des facteurs qui restreignent la production, tandis que les coûts des retards de livraison, les profits découlant de la production, les commandes à satisfaire poussent en sens inverse.

Va-t-on passer en régime d'heures supplémentaires, réduire les heures de production, embaucher ou licencier des ouvriers, acheter des machines ou se contenter de les louer ? Doit-on accroître la part de marché d'un des produits par un effort de marketing ? Est-il rentable d'investir dans un projet des capitaux empruntés au taux actuel du marché ?

Comme ces questions le suggèrent, l'entreprise est une arène où s'affrontent des points de vue conflictuels.

Pour une bonne part, l'utilité de la modélisation linéaire dans l'entreprise provient du fait qu'elle force les décideurs à considérer leurs problèmes d'une façon rationnelle et cohérente. Il leur faut définir précisément chaque problème non seulement pour repérer clairement l'objectif poursuivi et les variables de décision qui influent sur l'atteinte de cet objectif, mais aussi pour analyser toutes les interactions entre ces variables (GENIN, 2001).

Ce processus encourage la communication dans l'organisation et un meilleur monitoring du système étudié avant même de conduire à la construction d'un modèle du système à optimiser. Les solutions optimales des modèles s'obtiennent de nos jours grâce aux ordinateurs. Les questions du type « qu'est-ce qui se passe si... ? » qui constituent l'analyse post optimale des solutions obtenues, suggèrent des réponses souvent adéquates et stimulantes.



## ***Conclusion***

Ce chapitre a permis de mettre en exergue l'importance de la maîtrise de la dimension logistique et supply chain en entreprise pour la réalisation des objectifs liés à la planification à moyen terme.

Compte tenu de la difficulté de la planification à moyen terme qui allie production et attentes commerciales, la prise de décision en entreprise nécessite des outils et méthodes quantitatifs pouvant aider à prendre les bonnes décisions vis-à-vis des objectifs stratégiques de l'entreprise.

Dans le chapitre qui suit, nous proposons un modèle mathématique visant l'obtention d'un plan S&OP optimal dans le but de répondre à la problématique de planification de GE power services.

## **CHAPITRE 3 :**

***Contribution à l'amélioration  
de la planification à  
moyen terme.***

## ***Introduction***

Dans cette partie, nous nous intéresserons à la construction d'un modèle mathématique pour le problème d'optimisation du plan industriel et commercial identifié lors du diagnostic, tout en respectant un ensemble de contraintes imposées par le contexte de la planification à moyen terme chez GE. Ceci, se fera par le biais de la programmation linéaire en vue de mettre en évidence la dimension quantitative absente dans le processus industriel et commercial actuel (voir chapitre 2).

Avant d'entamer la construction du modèle linéaire, la première partie du chapitre sera consacrée à la fiabilité des données d'entrée relatives au plan industriel et commercial.

Nous présenterons ensuite, les différentes stratégies de prise de décisions du processus de planification industrielle et commerciale, alignées avec les objectifs stratégiques de l'entreprise

## **I. Fiabilité des données**

### **I.1 Identification des dysfonctionnements**

#### **I.1.1 Les dysfonctionnements**

La qualité des données est un objectif prioritaire pour toute entreprise souhaitant assurer son efficacité, réduire ses coûts et améliorer sa relation client. GE en est convaincue même si ses résultats en la matière sont encore mitigés.

Les problèmes de « non qualité » des données du plan industriel et commercial chez GE sont principalement dus à :

- Une attention insuffisante accordée aux usages et au partage des données
- La non disponibilité de toutes les informations nécessaires pour les opportunités, les clients, surtout en termes d'opérations de maintenance (les dates exactes, les contacts exacts)
- La dispersion des données entre plusieurs systèmes d'information et plusieurs départements : Ventes, commercial, ... Généralement chaque service adopte une façon unique de stocker les données, qui peut ne pas être reconnaissable par un autre service, qui à son tour crée des doublons.
- La difficulté à trouver l'enregistrement le plus récent, et donc création de doublons potentiels
- Les erreurs de saisie
- Le déplacement des données hors application : les employés stockent les données dans des applications locales telles que EXCEL, car ils trouvent cela plus simple et rapide, dans ce cas le contrôle des données et des versions est perdu.
- Le changement d'organisation et des responsabilités : ce qui a entraîné des migrations des applications, et différentes versions pour une même information
- L'import et la migration des données : cela crée des problèmes de qualité, à cet effet les données subissent des détériorations ou des pertes.
- L'intégration et l'échange de données entre applications : les erreurs minimales lors des échanges entre applications entraînent des problèmes sur l'ensemble des données transmises.

## I.1.2 L'impact des dysfonctionnements

Les conséquences de la mauvaise qualité des données se manifeste sous forme de :

- Renvoi d'informations erronées : le cas rencontré avec les **steam outages** (voir annexe N°6)
- Erreurs sur les indicateurs de performance, et donc perte de la visibilité sur les résultats de l'activité ce qui a d'ailleurs généré des écarts importants entre les planifications et les réalisations, illustré en annexe N°2.
- Création de déséquilibres et donc une mauvaise prise de décision relative au plan industriel et commercial.
- Génération de coûts de gestion des flux informationnels importants : dus aux tentatives de collectes de données qui prennent du temps et engendrent donc des coûts supplémentaires
- Pertes d'opportunités de ventes : suite à une méconnaissance des vrais paramètres relatifs aux clients et aux besoins du marché.
- Perte de clients : suite à une insatisfaction résultant d'une interprétation des besoins faussée.

## I.2 Les solutions proposées

### I.2.1 Les axes d'amélioration

Après avoir détecté les causes des dysfonctionnements cités précédemment, plusieurs pistes d'amélioration pouvant contribuer à la purification des données ont été identifiées, on cite :

- Implémenter des procédures de vérification des données dès leur saisie.
- Valider les informations avec les parties prenantes dès que l'occasion se présente (contact, appels ou réunion périodique)
- Améliorer les fonctionnalités de recherche dans la base de données pour éviter aux collaborateurs de créer de nouvelles entrées pour un même utilisateur car ils n'ont pas réussi à retrouver l'entrée existante.
- Vérifier régulièrement si la base de données comporte des doublons et appliquer les traitements nécessaires, pour fiabiliser les données d'une part, et d'autre part, pour libérer l'espace de stockage alloué aux doublons.
- Responsabiliser les intervenants sur les nettoyages des données et la vérification lors des opérations de saisie (double check)
- Définir des standards et des guides d'usages pour les outils de préparation des données
- Lier les flux des données aux services appropriés à l'usage.
- Etablir un ensemble d'indicateurs de qualité quantifiables tels ; nombre de valeurs absentes pour un champ, nombre de valeurs incohérentes en comparaison avec une source authentique, ..., permettant d'assurer le suivi de la qualité des données.
- Mettre en place des stratégies de gestion continues reposant sur ces indicateurs et objectifs :
  - Le suivi des anomalies : permet de détecter, dans les domaines d'application fortement évolutifs, l'émergence de nouveaux phénomènes pouvant influencer la qualité des données.
  - La mise en place d'une méthode de « data tracking » permettant de détecter et de structurer les sources d'anomalies, de les suivre et donc de les corriger.

- Des mises à jour de manière homogène et cohérente.
- Recourir aux versions récentes des data quality Tools (outils de qualité des données)
- Documenter la base de données et les indicateurs dans le temps. Un système de documentation performant repose sur :
  - Une gestion des versions et un historique des modifications
  - Une conception aussi économe que possible recourant au principe de l'héritage de façon à minimiser l'ampleur du travail de mise à jour manuel et le risque d'erreur.
- Assurer une formation continue des gestionnaires et utilisateurs de la base de données à travers des cours en ligne sur GE Learning, ou un maximum de partage de publications relatives à cela sur le réseau social de l'entreprise.

## I.2.2 Contribution à l'amélioration de la qualité des données

Après avoir identifié le problème de la qualité des données dans le processus industriel et commercial, nous avons participé à l'opération de nettoyage et de collecte de données relatives aux **steam outages** (annexe N°6).

Le choix de la catégorie steam turbines a été fait car les steam turbines, sont une technologie récente en Afrique du nord, ce qui signifie l'absence d'un historique ou d'une base de données pouvant servir de référentiel statistique.

Pour ce faire, les étapes suivantes ont été menées :

- Détection des problèmes de qualité de données au niveau des différentes étapes du processus de planification industrielle et commerciale.
- Récupération de fichier source des opportunités.
- Filtrage des données pour déduire les données manquantes (gaps).
- Vérification et mise à jour des données disponibles.

Pour pallier au problème de données manquantes nous avons :

- Contacté la source de l'information directement (via des appels téléphoniques ou les adresses mail professionnelles).
- Effectué des mises à jour sur un document unique, en complétant les données valides, et en supprimant les opportunités perdues ou rejetées.
- Communiqué la version complète du document au responsable de ventes régional qui, va le traiter par la suite afin de l'utiliser pour les données d'entrée du plan industriel et commercial (Etape une : saisie des plannings d'arrêts).

## I.3 Les résultats

Ce premier travail effectué pour répondre à l'un des problèmes identifiés lors du diagnostic a permis fournir au responsable des sales régional l'intégralité des données relatives aux steam outages pour l'ensemble des sites de la région North Africa tout en assurant la bonne qualité des données, l'unicité de la version et la fiabilité de la source d'extraction.

Une approche en vue d'évaluer, d'améliorer et de maintenir la qualité des données est nécessairement continue itérative et nécessite une adaptation dans le temps.

Dans le cas de GE, recourir à ces solutions proposées en fonction des enjeux de l'information et des budgets disponibles permet assurément de tendre vers cet objectif et d'en mesurer les effets qui se présentent sous forme de :

- Gains en efficacité opérationnelle
- Réduction des coûts de gestion des données.
- Maintien, voire développement de la part de marché (notamment les steam turbines)
- Meilleurs suivis des clients (augmentation du chiffre d'affaire).

## II. Construction du modèle mathématique

### II.1 Définition du problème

Possédant plusieurs sites de production répartis dans différentes régions (Etats unis, Europe, Arabie Saoudite, ...), GE assure la production de l'ensemble des produits nécessaires à son activité.

Le modèle fait l'objet d'un programme d'optimisation visant à obtenir un plan industriel et commercial optimal pour une seule famille de produits sur une période de 18 mois, horizon de planification en vigueur chez GE.

Ce dernier dont l'objectif est de minimiser la fonction coût, permet de réduire les niveaux des stocks et d'augmenter le taux de service.

### II.2 Définitions et notations

#### II.2.1 Les paramètres d'entrée

Pour chaque famille de produits, on définit les paramètres d'entrée et les variables de décisions suivantes :

$P_m$  : La capacité de production journalière de la famille de produit, exprimée en nombre d'unités.

$CM$  : La capacité de production mensuelle, exprimée en nombre d'unités.

$$OM_m = C * T_m$$

$CNP$  : Le coût mensuel de non production d'une unité.

$C$  : Le coût mensuel de production d'une unité.

$C$  : Le coût mensuel de retard d'une unité.

$C$  : Le coût mensuel de stockage d'une unité.

$D$  : La demande prévisionnelle de la famille de produit pour le mois  $m$ .

$JT$  : Le nombre de jours de travail effectif durant le mois  $m$ .

$m$  : indique le mois,  $m \in [1, 18]$ .

$S_{min}$  : Le stock de sécurité défini pour chaque famille de produit pour le mois  $m$ .

$S_{max}$ : Le niveau de stock maximal alloué à la famille de produit, dû à la capacité limitée de l'espace de stockage.

$S_0$ : Le stock initial de la famille de produit, exprimé en unités.

## II.2.2 Les variables de décision

$NNP$ : Le nombre d'unités non produites le mois  $m$ .

$NP$ : Le nombre d'unités produites le mois  $m$ .

$NR_m$ : Le nombre d'unités livrées en retard en fin du mois  $m$ .

$S$ : Le stock en fin de mois  $m$ .

## II.3 La fonction objectif

La fonction objectif minimise, pour chaque famille de produits, l'ensemble des coûts considérés lors de l'élaboration du plan industriel et commercial d'un des sites de production de GE.

Les coûts exprimés dans la fonction objectif sont répartis comme suit :

- a. Les coûts de production sont principalement liés aux coûts d'achat de la matière, de sa consommation, de la main d'œuvre, de l'amortissement des machines utilisées pour la production ainsi que le coût du matériel d'entretien.

Ils sont exprimés sous forme de produit du coût de production unitaire et du nombre d'unités produites durant le mois  $m$  soit :

$$C_p \cdot NP_m$$

- b. Le calcul du coût de non production est déterminé en fonction du manque à gagner durant une journée de travail ordinaire, c'est aussi la résultante des charges, telles que les coûts de toutes les ressources humaines et matérielles supportées sans qu'il n'y ait de production.

Il est calculé de la manière suivante :

$$C_{NP} \cdot NNP_m$$

- c. Les coûts de stockage englobent l'ensemble des coûts liés à l'action de stocker et d'entretenir un stock. Ils dépendent des salaires et rémunérations du personnel en charge des stocks, des charges de location des bâtiments, des primes d'assurances, de l'amortissement des installations de stockage, des intérêts du capital investi dans l'implantation et dans les marchandises, des charges d'entretien et de maintenance, des coûts de l'immobilisation financière, de l'obsolescence et des rebuts associés à des traitements non appropriés ou à un stockage prolongé.

Ils sont exprimés sous forme du produit entre le coût unitaire de stockage et le nombre de pièces disponibles en stock durant le mois  $m$  :

$$C_S \cdot S_m$$

- d. Des difficultés peuvent survenir dans le cadre d'un retard lors du traitement d'une commande, engendrant des coûts de retard de livraison, notamment, les remboursements en faveur du client en cas des dédommagements causés, ainsi que

d'autres coûts supplémentaires s'ajoutant aux charges financières dues à l'augmentation du coût de l'activité.

Ils s'expriment sous forme de produit du coût unitaire et du nombre de pièces livrées en retard le mois  $m$  :

$$C_R \cdot NR_m$$

La fonction objectif qui consiste en la minimisation de l'ensemble des coûts est présentée sous la forme :

$$\sum_{m=1}^{18} (C_P \cdot NP_m + C_{NP} \cdot NNP_m + C_S \cdot S_m + C_R \cdot NR_m)$$

## II.4 Les contraintes

- a. Pour chaque mois  $m$ , le nombre d'unités produites ainsi que le stock du mois  $m - 1$  doivent couvrir la demande prévisionnelle en tenant compte des retards de livraison.

La contrainte est exprimée comme suit :

$$NP_m + S_{m-1} = D_m - NR_m \quad \forall m \in [1, 18]$$

- b. Pour un mois donné  $m$ , la capacité globale de production est égale au nombre total d'unités produites et non produites durant le mois  $m$ .

La contrainte de production s'écrit donc comme suit :

$$NP_m + NNP_m = C_m \quad \forall m \in [1, 18]$$

- c. Disposant d'espaces de stockage limités, GE comme toute autre entreprise doit respecter les différentes contraintes de stockage. Ainsi, elle alloue des espaces pour chaque famille de produit selon différents critères : la nature des équipements, l'environnement approprié à chaque catégorie de pièces, ... et doit veiller à ce que la quantité stockée ne dépasse pas la capacité maximale  $S_{max}$  de l'entrepôt de stockage.

Par ailleurs, l'entreprise doit prévoir pour chaque famille de produit et pour chaque mois  $m$ , un stock de sécurité  $S_{min_m}$ .

La contrainte est exprimée comme suit

$$S_{min_m} \leq S_m \leq S_{max} \quad \forall m \in [1, 18]$$

- d. Le stock de sécurité étant exprimé en nombre de pièces, il doit être positif pour chaque mois  $m$ .

$$0 \leq S_{min_m} \quad \forall m \in [1, 18]$$

- e. Le retard de livraison étant exprimé en nombre de pièces non livrées, il doit être positif pour chaque mois  $m$ .

$$0 \leq NR_m \quad \forall m \in [1, 18]$$



f. Le nombre de pièces produites est une valeur positive pour chaque mois  $m$ .

$$0 \leq NP_m \forall m \in [1,18]$$

g. Le nombre de pièces non produites est une valeur positive pour chaque mois  $m$ .

$$0 \leq NNP_m \forall m \in [1,18]$$

## II.5 Modélisation finale du problème

Le modèle pour la recherche du plan industriel et commercial optimal se présente comme suit :

**La fonction objectif :**

$$\text{Min coûts} = \sum_{m=1}^M (P \cdot NP_m + CNP \cdot NNP_m + C \cdot S_m + CR \cdot N) \quad m$$

**Sous contraintes :**

$$\forall m \in [1,18]$$

$$NP_m + S_{m+1} = D_m - NR_m$$

$$NP_m + NNP_m = C_m$$

$$S_{min} \leq S_m \leq S_{max} \quad 0 \leq$$

$$S_{min} \leq$$

$$0 \leq NR_m$$

$$0 \leq NP_m$$

$$0 \leq NNP_m$$

## III. Résolution du modèle

L'optimisation linéaire est essentiellement appliquée pour résoudre des problèmes d'optimisation à moyen et long terme (problèmes stratégiques et tactiques), tels que le problème de planification industrielle et commerciale. Le modèle conçu visant l'obtention d'un PIC optimal pour des familles de produits de différentes tailles (allant jusqu'à 30000 références) nécessite une résolution par la méthode du simplexe. A cet effet, plusieurs solveurs existent tels que : SOLVEUR EXCEL, MATLAB, CPLEX...

Le problème étant P-complet, nous proposons de le résoudre en utilisant le logiciel CPLEX, qui est un outil d'optimisation et de résolution de problèmes linéaires très performant, pouvant traiter des problèmes contenant plusieurs dizaines de milliers de variables et plusieurs centaines de milliers de contraintes. (Voir annexe 3).

La résolution du modèle sur CPLEX a nécessité la génération d'un code donné en annexe 4, et l'introduction des données suivantes :

Tableau 3-1 : Paramètres d'entrées du modèle

Les indices (entiers)	m : horizon de prévision i1 : l'indice des stocks allant de 0(stock initial) à 18. i : indice du mois allant de 1 à 18
Les paramètres d'entrée	c : capacité journalière s0 : le stock initial cp : coût de production unitaire mensuel cnp : coût de non production unitaire mensuel cs : coût de stockage unitaire mensuel  cr : coût de retard unitaire mensuel Smax : le niveau des stocks maximal
Les paramètres d'entrée –les tableaux-	D[i] : la demande prévisionnelle mensuelle Smin[i] : le niveau des stocks minimal C[i] : la capacité mensuelle

L'exécution du programme va générer les valeurs pour les différentes variables de décisions pour l'horizon de 18 mois :

Tableau 3-2 : Les variables de décision

Les variables de décision	NP[i] : le nombre de pièces produites le mois i NNP[i] : le nombre de pièces non produites le mois i S[i] : le nombre de pièces en stock le mois i R[i] : le retard pour le mois i
---------------------------	---

## IV. Les stratégies de prise de décision dans la planification industrielle et commerciale

Comme souligné au chapitre 2, le processus de planification industrielle et commerciale a pour objectifs : l'amélioration du taux de service, la réduction des niveaux des stocks, l'optimisation de la production, l'amélioration des prévisions de vente et d'exploitation ainsi que l'amélioration des indices financiers.

En se basant sur les différentes stratégies du plan industriel et commercial, adoptées par GE (suite à une discussion avec le manager commercial) ainsi que sur les aspirations du S&OP, trois stratégies principales ont été retenues pour être prise en compte lors des processus de prise de décision.

### IV.1 La stratégie orientée client

C'est une stratégie orientée taux de service, favorisant la satisfaction des clients. Etablir donc un plan industriel et commercial qui valide des retards ne semble pas concevable.

Les adhérents principaux de cette stratégie sont les commerciaux pour lesquels, livrer dans les temps constitue la première priorité. C'est aussi le meilleur moyen de se démarquer de la concurrence.

Ayant adopté cette politique et en cas de retard, l'entreprise est fortement pénalisée et le coût de retard unitaire  $CR$  s'avère donc trop important. De ce fait, il revient à toute l'organisation interne de l'entreprise de trouver la meilleure combinaison possible entre la production et les stocks, pour atteindre l'objectif " zéro retard ".

#### IV.2 La stratégie orientée gestion des stocks

C'est une stratégie qui a pour objectif la réduction des immobilisations financières dans les stocks ; elle consiste à avoir des stocks bien évalués avec un taux de rotation cohérent.

Les financiers optent pour cette stratégie dans le but de réduire le besoin en fond de roulement, car les stocks étant des actifs immobilisés, sont financés par des capitaux permanents pour assurer l'équilibre financier de l'entreprise.

Suivant cette politique, un niveau de stock élevé ne peut être toléré car le coût de stockage unitaire  $CS$  se trouve important est trop élevé.

#### IV.3 La stratégie orientée production

Cette politique impose une cadence de production élevée (maximiser les heures de production) tout en maintenant fixes les coûts.

Le responsable de production préconise alors la réduction des heures de non production pour pallier aux problèmes de surcharge dus à une demande importante ou aux délais de livraison limités.

L'adoption de cette stratégie impose un coût de non production  $CNP$  élevé, afin d'inhiber tout arrêt de production potentiel.

### V. L'estimation des coûts

La mesure des coûts en entreprise est un problème délicat. Il existe un certain nombre de systèmes alternatifs de comptabilisation des coûts qui peuvent être adaptés à certains objectifs (RICHARDSON, 1995).

Des études ont été menées pour produire des typologies de pondération des coûts, afin d'aider les managers à structurer et combiner les différents coûts en fonction des stratégies de l'entreprise (HARDING, 2002).

Dans le tableau 3-3 sont présentés les coûts associés aux différentes stratégies. Ils ont été obtenus sur la base des moyennes des estimations de coûts (généralement exprimés en fonction du coût de production qui est dans notre cas estimé à 100 UM) communément admises, résultant des travaux de Richardson. Cependant, il convient de noter que chacun de ces coûts est extrêmement dépendant des politiques et décisions de management prises dans l'entreprise, la combinaison et l'estimation des différents coûts est alors fonction des trois stratégies retenues :

Tableau3-3 : Pondération des coûts

	Stratégie 1	Stratégie 2	Stratégie 3
Coût de production	CP	CP	CP
Coût de non-production	0.8 CP	0.6CP	1.2CP
Coût de stockage	0.15CP	0.8CP	0.15CP
Coût de retard	1.2 CP	0.5CP	0.5CP

## V.1 Les coûts-Stratégie 1

Etant une stratégie orientée client, elle se caractérise par un coût de retard trop important, estimé à 1,2CP. Quant au coût de stockage qui est de 0,15CP, il permet d'alimenter un stock suffisant pour couvrir l'ensemble de la demande. Le coût de non production est de l'ordre de 0,8CP, c'est un coût relativement important car la non production peut générer des retards de livraison.

## V.2 Les coûts-Stratégie 2

La stratégie visant la réduction des niveaux des stocks exclut la présence d'un stock de sécurité et impose un coût de stockage important estimé à 0,8CP. Le coût de retard et de non production sont respectivement de l'ordre de 0,5CP et 0,6CP, relativement moyens car :

- Des coûts de non production et de retard élevés peuvent générer un sur stockage dû à un excès de production,
- Dans le cas contraire, ces coûts étant faibles, ils peuvent exposer l'entreprise à des retards de livraison trop importants.

## V.3 Les coûts-Stratégie 3

Les données correspondant à cette stratégie s'expriment par un coût de non production pesant, estimé à 1,2CP et ce afin d'éliminer les heures de non production et produire davantage pour répondre à la demande prévisionnelle.

Le coût de retard quant à lui est de 0,5CP afin d'assurer la livraison à temps, sans pour autant conduire à des ruptures de stock.

Le coût de stockage est de l'ordre de 0,15CP, de quoi assurer un stock de sécurité suffisant.

## *Conclusion*

Ce chapitre a permis de mettre en évidence le problème de qualité de données rencontrées chez GE, et de présenter un ensemble de recommandations pouvant contribuer significativement à le contenir.

Quant au problème d'optimisation du plan industriel et commercial, la considération de la dimension quantitative du modèle linéaire conçu, offre la possibilité aux décideurs de prendre en compte l'ensemble des choix de décisions potentielles pouvant impacter la planification à moyen terme.

Une fois le modèle linéaire construit, il s'agira de le mettre en œuvre et de procéder à des simulations permettant d'illustrer l'ensemble des solutions réalisables ainsi que leur impact sur l'activité de GE. Ceci fera l'objet du chapitre qui suit.

**CHAPITRE 4 : *Application et  
simulation***

## ***Introduction***

Après la modélisation du programme mathématique, servant de base pour l'élaboration des plans industriels et commerciaux, il s'agira à présent d'appliquer le modèle sur trois familles de produits distinctes.

Ce dernier chapitre portera sur la résolution du programme linéaire, sur l'interprétation des résultats de simulations effectuées sur CPLEX, en fonction des stratégies adoptées par GE et explicitées au chapitre 2, ainsi que sur sa contribution à l'amélioration de la prise de décision.

## **I. Définition des familles de produits utilisés dans la simulation**

L'application du modèle linéaire se fera sur un échantillon de 3 produits, composants d'une turbine 9FB (une technologie de turbines), donnés par l'entreprise (directeur commercial). Ces composants ont été retenus car considérés comme étant des produits stratégiques selon le critère prix qui est important, la disponibilité et la technicité due à leur importance dans le fonctionnement de la turbine.

### **Bucket S3B**

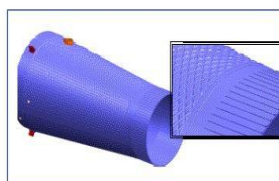
C'est le composant individuel qui constitue la section de turbine d'une turbine à gaz ou d'une turbine à vapeur. Les lames sont responsables de l'extraction de l'énergie des gaz à haute température et à haute pression produits par la chambre de combustion. Les pales de la turbine sont souvent la composante critique des turbines à gaz. Pour survivre dans cet environnement difficile, les pales de turbine utilisent souvent des matériaux exotiques refroidissement différentes, telles que les canaux d'air internes, le refroidissement de la couche limite et les revêtements thermiques.



*Figure 4-1 : Third stage Bucket*

### **Liner**

Une chambre de combustion est un composant ou une zone d'un moteur à turbine à gaz où la combustion a lieu, connu comme un brûleur, une chambre de combustion ou un support de flamme. Dans un moteur à turbine à gaz, la chambre de combustion est alimentée en air à haute pression par le système de compression. La chambre de combustion chauffe alors cet air à pression constante. Après chauffage, l'air passe de la chambre de combustion à travers les aubes de guidage de la buse vers la turbine.



*Figure 4-2 : Liner*

### Nozzle S3N

C'est un dispositif conçu pour diriger ou modifier le flux d'un fluide (liquide ou gaz). Il est fréquemment utilisé pour contrôler le débit, la vitesse, la direction, la masse, la forme et / ou la pression du courant qui en résulte. Dans une buse, la vitesse du fluide augmente au détriment de son énergie de pression.



Figure 4-3 : Third stage Nozzle

## II. Simulation-analyse de sensibilité et interprétation

Les données pour chaque produit (voir annexe 5) représentent des estimations fournies par le manager commercial (modifiées pour des raisons de confidentialité).

Comme pour toute modélisation mathématique, il est nécessaire d'effectuer une analyse de sensibilité en faisant varier les paramètres initiaux.

En effet, les résultats obtenus grâce au modèle mathématique dépendent des données d'entrée, principalement des différentes valeurs que peuvent prendre les coûts pour chaque stratégie. Il serait intéressant de faire varier ces dernières pour voir quelle influence ceci aura sur le résultat.

Trois scénarii possibles seront analysés :

- **Un scénario pessimiste** : dans ce scénario le principe est d'identifier la valeur limite du paramètre (le coût dans le cas présent) à partir de laquelle la stratégie risque de ne plus répondre au besoin de l'entreprise, c'est-à-dire un coût important que l'entreprise refuse de supporter
- **Un scénario moyen** : c'est la valeur moyenne du paramètre contrôlé, qui peut, d'une part obéir aux critères de la stratégie choisie, et d'autre part être dans une fourchette acceptable pour l'entreprise.
- **Un scénario optimiste** : c'est le scénario idéal pour l'entreprise, qui répond au critère de la stratégie choisie, tout en réduisant le coût, mais cela peut être un choix qui génère un résultat pas très proche de l'optimum.

La simulation consiste donc à dérouler le code généré sur CPLEX pour les trois produits et suivant les trois différentes stratégies citées dans le chapitre précédent.

Pour chacune des stratégies les trois scénarii : pessimiste, moyen et optimiste seront considérés

### II.1 Stratégie 1

Comme déjà mentionné, la stratégie 1 est une stratégie orientée client visant la satisfaction de la demande dans les délais, elle ne tolère donc pas les retards, ce qui se traduit par un coût de retard important.

Le coût de retard étant le coût prépondérant dans cette stratégie, la simulation va consister à analyser la sensibilité des différentes variations que peut subir ce paramètre.

Après avoir effectué plusieurs variations, nous avons pu déduire une fourchette de variation avec une borne supérieure égale à 1.4 CP, une borne inférieure de l'ordre de CP et une moyenne de 1.2 CP.

Il faut savoir que pour chaque valeur, il faut toujours répondre au critère principal de la stratégie qui est d'imposer un coût important afin d'interdire tout retard potentiel.

Le tableau 5 représente les différentes valeurs des paramètres d'entrées pour la stratégie 1 pour chacun des scénarii

Avant d'entamer l'interprétation des résultats, il faut savoir que les trois produits ont montré le même comportement pour les trois stratégies traitées, de ce fait, on présente les résultats d'un seul article (LINER) ; les résultats des deux autres produits sont donnés en annexe.

Tableau4-1 : Paramètres d'entrée pour la stratégie 1

Scénario	Pessimiste	Moyen	Optimiste
CP	100	100	100
CNP	80	80	80
CS	15	15	15
CR	<b>140</b>	<b>120</b>	<b>100</b>

### Scénario pessimiste

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur pessimiste du paramètre contrôlé qui est le coût de retard :

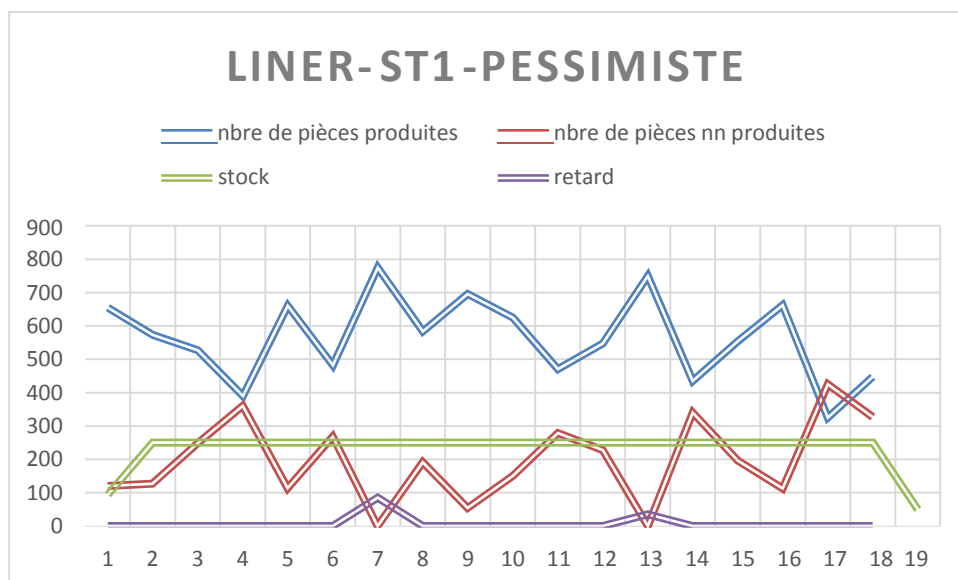


Figure 4-4 : Simulation pessimiste (LINER, stratégie 1)

- **Interprétation**

Le scénario pessimiste qui consiste à avoir un coût de retard très important de l'ordre de 1.4CP, représente un coût que l'entreprise ne peut supporter. En effet, il faut savoir que l'ensemble des produits étudiés représente des composants critiques avec des coûts



de production relativement importants. Supporter un coût à hauteur de 1.4 CP s'avère alors difficile voir inenvisageable.

### Scenario moyen

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner, suite à la simulation en fonction de la valeur moyenne du paramètre contrôlé qui est le coût de retard.

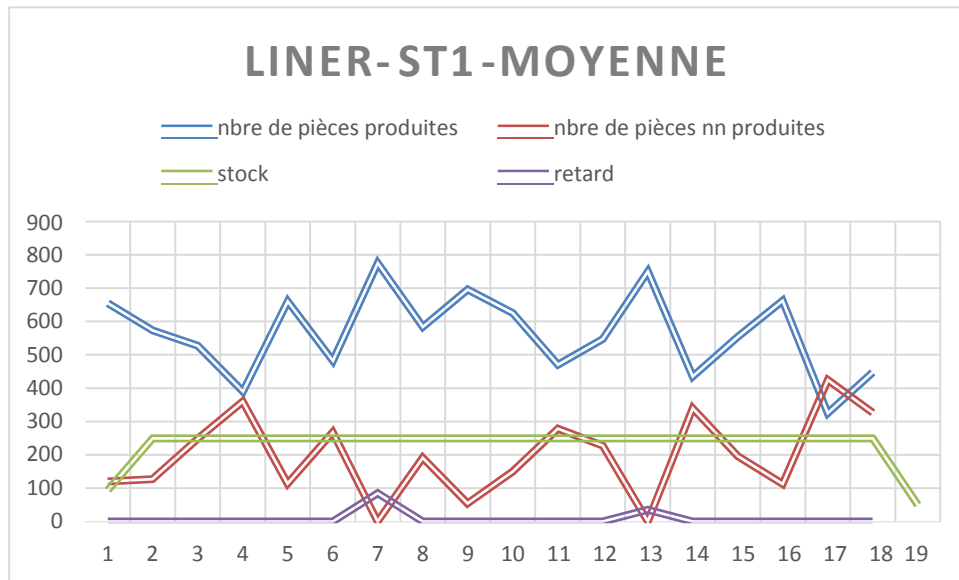


Figure 4-5 : Simulation moyenne (LINER, stratégie 1)

Tableau 4-2 : Résultats de la simulation : stratégie 1 scénario moyen LINER

Résultat ST1					
mois	nbre de	nbre de	stock	retard	
1	655	120	95	0	
2	573	127	250	0	
3	527	248	250	0	
4	390	360	250	0	
5	661	114	250	0	
6	482	268	250	0	
7	775	0	250	85	
8	584	191	250	0	
9	696	54	250	0	
10	625	150	250	0	
11	471	279	250	0	
12	547	228	250	0	
13	750	0	250	35	
14	435	340	250	0	
15	554	196	250	0	
16	662	113	250	0	
17	325	425	250	0	
18	448	327	250	0	
19			50		

- **Interprétation**

Le scénario moyen qui consiste à avoir un coût de retard important et supérieur au coût de production représente la limite du coût que l'entreprise cherche à imposer afin d'interdire les retards. Il revient donc de mobiliser tous les moyens nécessaires pour maintenir une cadence de production pouvant répondre à l'ensemble de la demande dans les délais.

Les résultats affichés dans le tableau 6, confirment la vision de la stratégie 1 (scénario moyen) et donc la fiabilité du modèle, en effet, avec le maintien d'un coût de retard élevé, le nombre de pièces livrées en retard sur les 18 mois est de zéro, sauf pour le septième et treizième mois où les retards sont respectivement 85 et 35 pièces non livrées dans les temps. Les retards observés à la fin du septième et treizième mois sont dus à une forte demande qui dépasse la moyenne, le nombre de pièces produites pour les deux mois a fortement augmenté (750 pièces produites le 13<sup>ème</sup> mois et 775 pièces le 7<sup>ème</sup> mois), quant au nombre de pièces non produites, il est de zéro, toutes les ressources de l'entreprise doivent donc être mobilisées pour pouvoir faire face à cette forte demande. Il à noter que suivre une stratégie ayant comme priorité la satisfaction des clients, ne connaît pas une stabilité de la production (voir les fluctuations de la demande sur le graphe) avec des pics à chaque fois que la demande devient importante. L'outil répond donc parfaitement aux variations des données saisies en fonction des stratégies définies au préalable.

### Scénario optimiste

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour Le Liner après simulation en fonction de la valeur optimiste du paramètre contrôlé qui est le coût de retard.

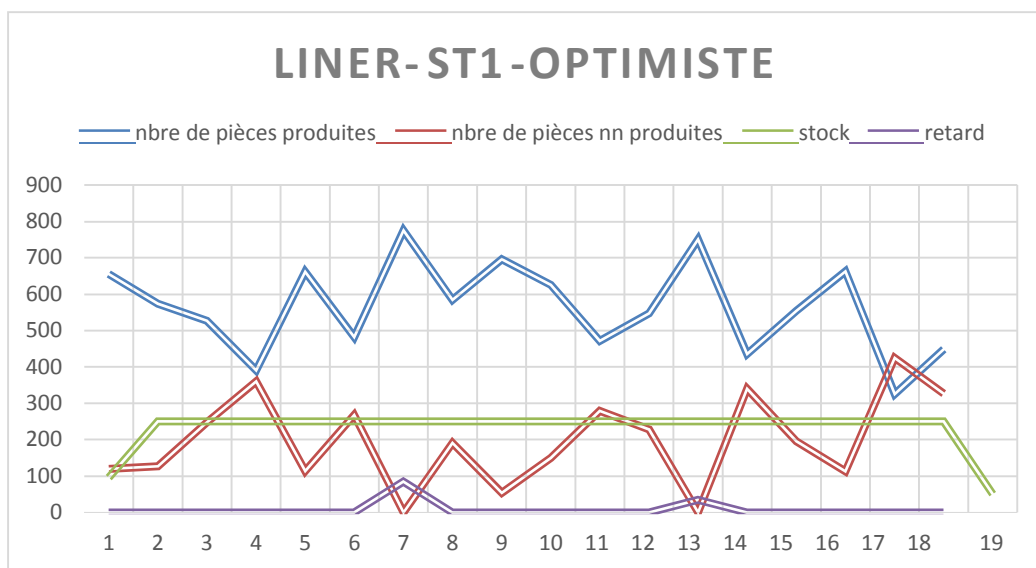


Figure 4-6 : Simulation optimiste (LINER, stratégie 1)

- **Interprétation**

Le scénario optimiste vise la vérification de l'ensemble des critères imposés par la stratégie, tout en maintenant le coût de retard inférieur au coût de production. Ceci peut répondre au besoin de l'entreprise de réduire les retards de livraison, mais ne lui permet pas d'atteindre l'objectif zéro retard comme le montre la figure 4-6.

## II.2 Stratégie 2

Comme expliqué précédemment, la stratégie 2 a pour objectif principal la réduction des immobilisations financières en stock ; elle vise alors à maintenir les stocks à un niveau minimal, ce qui se traduit par un coût de stockage élevé.

Le coût de stockage étant le coût prépondérant dans cette stratégie, la simulation va consister à analyser la sensibilité des différentes variations que peut subir ce paramètre.

Après avoir simulé selon plusieurs variations, nous avons défini une fourchette de variation avec une borne supérieure égale à 0.9 CP, une borne inférieure de l'ordre de 0.5CP et une moyenne de 0.8 CP.

Il faut savoir que pour chaque valeur, il faut toujours répondre au critère principal de la stratégie qui est d'imposer un coût de stockage important afin d'éviter les niveaux de stock élevés

Le tableau suivant représente les différentes valeurs des paramètres d'entrées pour la stratégie 2 pour chacun des scénarios

Table 4-3 : Paramètres d'entrée pour la stratégie 2

Scénario	Pessimiste	Moyen	Optimiste
CP	100	100	100
CNP	60	60	60

CS	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>50</b>
CR	50	50	50

### Scénario pessimiste

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur pessimiste du paramètre contrôlé qui est le coût de stockage :

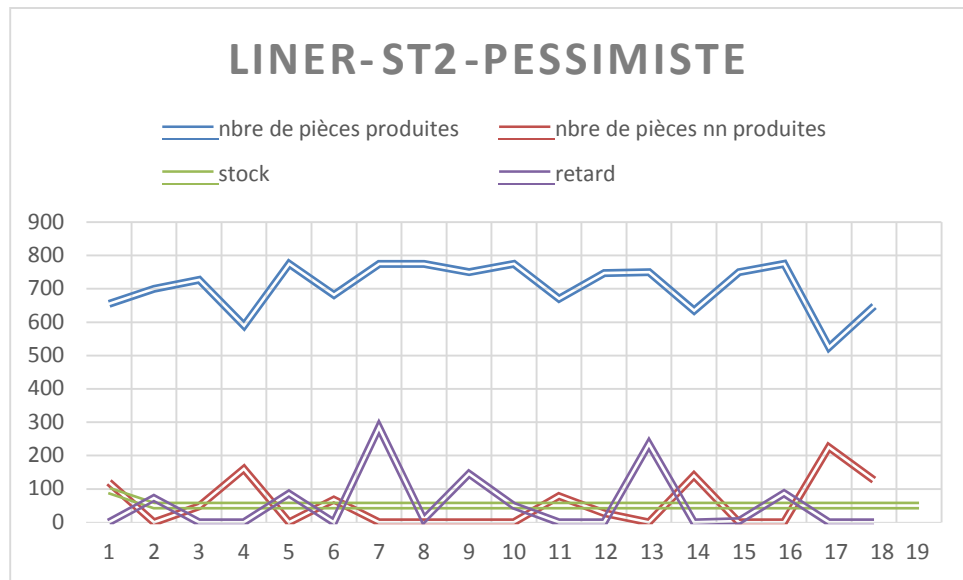


Figure 4-7 : Simulation pessimiste (LINER, stratégie 2)

- **Interprétation**

Le scénario pessimiste consiste à imposer un coût de stockage très important de l'ordre de  $0.9CP$ , coût que l'entreprise ne peut supporter. De plus, il faut savoir qu'afin de maintenir sa position sur le marché, la satisfaction de la demande est un critère important, indépendamment de la stratégie adoptée. Néanmoins un coût de stockage aussi important interdit la possibilité d'avoir des stocks suffisants pour absorber les risques de rupture, comme illustré dans la figure ci-dessus.

### Scénario moyen

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur moyenne du paramètre contrôlé qui est le coût de stockage.

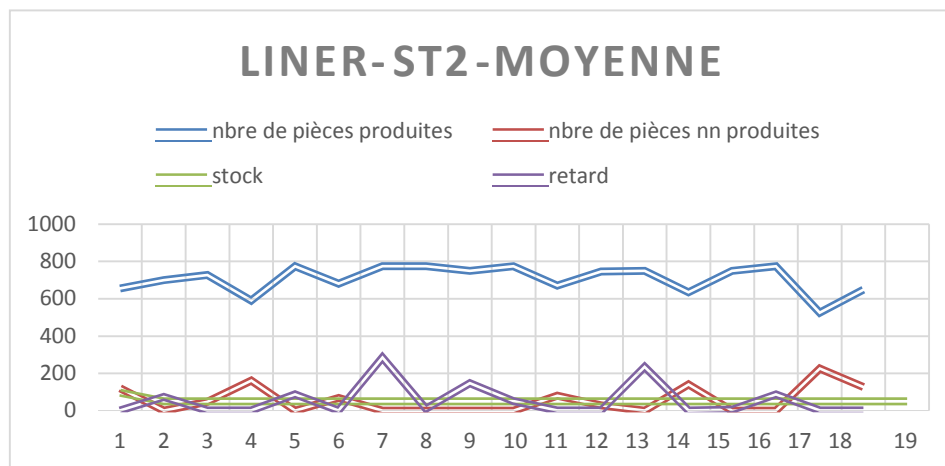


Figure 4-8 : Simulation moyenne (LINER, stratégie 2)

Tableau 4-4 : Résultats de la simulation : stratégie 2 scénario moyen LINER

Résultat ST2				
mois	nbre de	nbre de	stock	retard
1	655	120	95	0
2	700	0	50	73
3	727	48	50	0
4	590	160	50	0
5	775	0	50	86
6	682	68	50	0
7	775	0	50	285
8	775	0	50	9
9	750	0	50	146
10	775	0	50	50
11	671	79	50	0
12	747	28	50	0
13	750	0	50	235
14	635	140	50	0
15	750	0	50	4
16	775	0	50	87
17	525	225	50	0
18	648	127	50	0
19			50	

- **Interprétation**

Le scénario moyen consiste à avoir un coût de stockage important de l'ordre de 0.8CP, la limite du coût que l'entreprise peut supporter afin d'interdire la génération d'un niveau de stock important. Ceci peut causer des retards de livraison, mais dont le coût est supportable et moins important que le coût de stockage, car il ne faut pas oublier que l'un des principaux objectifs du plan industriel et commercial est de minimiser l'ensemble des coûts.

Les résultats obtenus et affichés dans le tableau montrent que la réduction des stocks impacte le taux de service, car dans 9 mois sur 18 l'entreprise note des retards de livraison et sont même importants et dépassent les 200 pièces livrées en retard dans le 7<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> mois (voir les pics sur le graphe). Les stocks ne dépassent pas le stock de sécurité pour les 18 mois, ce qui est cohérent avec les objectifs de la stratégie. La production est plus ou moins stable sur les 18 mois, et elle est importante (proche de la

capacité de production pour certains mois), ceci est dû à l'obligation qu'a l'entreprise vis-à-vis de ses clients, car avec un stock faible et maîtrisé (ne dépassant pas le stock de sécurité qui est de 50 pièces) l'entreprise doit produire si elle veut couvrir la demande et réduire les retards de livraison.

### Scénario optimiste

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur optimiste du paramètre contrôlé qui est le coût de stockage.

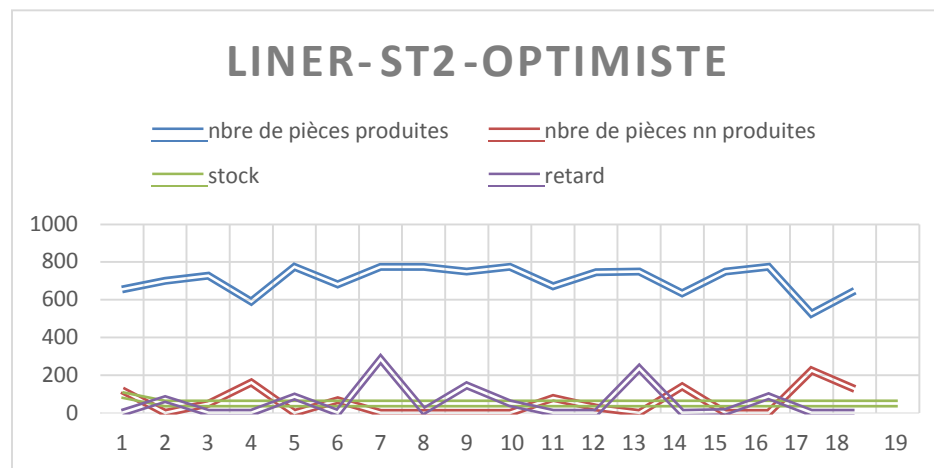


Figure 4-9 : Simulation optimiste (LINER, stratégie 2)

- **Interprétation**

Le scénario optimiste considère un paramètre qui vérifie l'ensemble des critères imposés par la stratégie, tout en maintenant le coût de stockage maîtrisable, ceci peut répondre au besoin de l'entreprise de réduire les niveaux des stocks, mais ne lui garantit pas une stabilité de la production comme le montrent la figure ci-dessus.

### II.3 Stratégie 3

La stratégie 3 orientée production, vise la réduction des arrêts afin d'assurer la production nécessaire pour faire face aux fluctuations que peut subir la demande, son objectif est l'augmentation de la cadence de production et la réduction des arrêts, ceci s'exprime par un coût de non production important.

Le coût de non production étant le coût prépondérant dans cette stratégie, la simulation va consister à analyser la sensibilité des différentes variations que peut subir ce paramètre.

Après plusieurs variations simulées, une fourchette de variation ayant pour borne supérieure la valeur de 1.4CP, une borne inférieure de l'ordre de 0.8CP et une moyenne de 1.2CP a été retenue.

Il faut savoir que pour chaque valeur, il est primordial de répondre au critère principal de la stratégie qui est d'imposer un coût de non production considérable afin d'éviter les arrêts de production.

Le tableau 7 représente les différentes valeurs des paramètres d'entrées pour la stratégie 2 pour chacun des scénarii.

Tableau 4-5 : Paramètres d'entrée pour la stratégie 3

Scénario	Pessimiste	Moyen	Optimiste
CP	100	100	100
CNP	<b>140</b>	<b>120</b>	<b>80</b>
CS	15	15	15
CR	50	50	50

### Scénario pessimiste

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur pessimiste du paramètre contrôlé qui est le coût de non production.

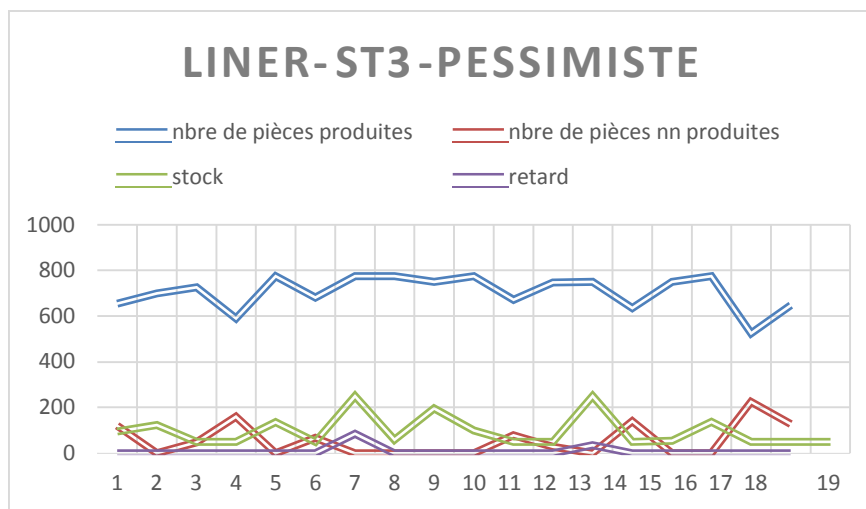


Figure 4-10 : Simulation pessimiste (LINER, stratégie 3)

- **Interprétation**

Le scénario pessimiste qui consiste à avoir un coût de non production très importante de l'ordre de 1.4CP, répond aux exigences de la stratégie 3, mais représente un coût difficile à supporter par l'entreprise. En effet, cela engendre des niveaux de stock élevés, et donc des immobilisations financières importantes, ce qui n'est pas aligné avec les objectifs stratégiques de l'entreprise.

### Scénario moyen

Le schémas suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur moyenne du paramètre contrôlé qui est le coût de non production :

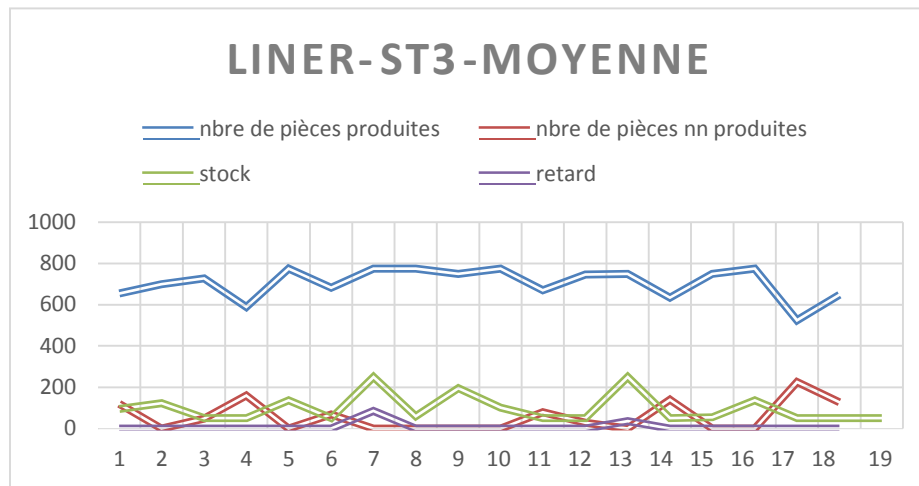


Figure 4-11 : Simulation moyenne (LINER, stratégie 3)

Tableau 4-6 : Résultats de la simulation : stratégie 3 scénario moyen LINER

Résultat ST3					
mois	nbre de	nbre de	stock	retard	
1	655	120	95	0	
2	700	0	123	0	
3	727	48	50	0	
4	590	160	50	0	
5	775	0	136	0	
6	682	68	50	0	
7	775	0	250	85	
8	775	0	59	0	
9	750	0	196	0	
10	775	0	100	0	
11	671	79	50	0	
12	747	28	50	0	
13	750	0	250	35	
14	635	140	50	0	
15	750	0	54	0	
16	775	0	137	0	
17	525	225	50	0	
18	648	127	50	0	
19			50		

- **Interprétation**

Le scénario moyen impose un coût de non production important de l'ordre de 1.2CP, la limite du coût que l'entreprise peut supporter afin de réduire les arrêts de production et de maintenir une stabilité de cette dernière. Ceci engendre évidemment des stocks mais restent néanmoins moins importants que ceux fournis par le scénario pessimiste comme illustré sur la figure ci-dessus.

Le tableau ci-dessus, montre que lorsque l'entreprise maintient une cadence de production importante et stable sur les 18 mois, le niveau de stock augmente (voir les pics du 2<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 7<sup>ème</sup>, 9<sup>ème</sup>, 13<sup>ème</sup> et 16<sup>ème</sup> mois), les arrêts de production sont maîtrisés et le nombre de pièces non produites est de zéro sur la moitié de l'intervalle (9 mois sur



18). Les retards sont presque inexistants sauf pour le 7<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> mois, ceci est dû au fait que la cadence de production couvre la totalité de la demande et privilège la minimisation des coûts de production, en dépit des coûts de stockage.

### Scénario optimiste

Le schéma suivant représente les résultats obtenus pour le Liner suite à la simulation en fonction de la valeur optimiste du paramètre contrôlé qui est le coût de non production.

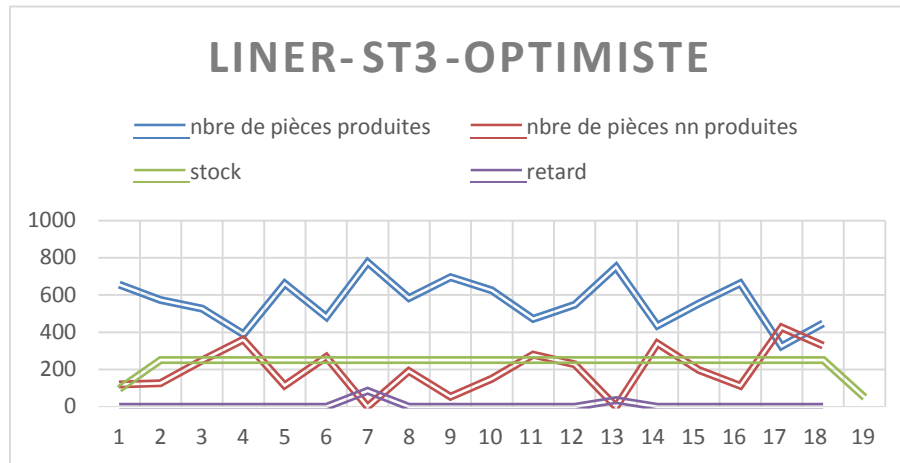


Figure 4-12 : simulation optimiste (LINER, stratégie 3)

- **Interprétation**

Le scénario optimiste considérant un coût de non production minimal maîtrisable s'éloigne de façon remarquable de l'objectif de la stratégie 3. Ceci se traduit par des fluctuations de la production, ainsi qu'une non production importante.

Imposer un coût de non production maîtrisable ne permet pas alors d'atteindre l'objectif relatif à la stabilité de la production.

### III Synthèse

Afin de bien analyser le modèle linéaire, nous avons opté pour la simulation sur trois produits différents, ayant des demandes prévisionnelles différentes, des stocks de sécurité, et des capacités de production différents, mais auxquels des coûts identiques ont été affectés pour chaque stratégie. Ceci a bien validé le modèle car pour chacune des stratégies, les produits ont montré le même comportement. Ce qui signifie que le paramètre prépondérant pour chaque produit est bien le coût relatif à la stratégie adoptée.

La stratégie 1 montre que lorsque la stratégie de General Electric est orientée qualité de service et que les retards pour les trois familles de produits tendent vers zéro, l'entreprise se trouve dans l'obligation d'alimenter les stocks pour absorber les risques de ruptures, elle doit aussi faire face à des fluctuations de la production. Cela engendre des immobilisations financières dans les stocks et une instabilité de la production. Néanmoins, l'amélioration du taux de service assure l'amélioration du processus de création de la valeur. En effet, la réduction des délais de livraison, garantit à l'entreprise plus de flexibilité (elle s'adapte aux variations de la demande) ce qui améliore sa rentabilité.

Concernant la deuxième stratégie, le coût de détention physique des stocks est important, maintenir les stocks à un niveau faible s'avère alors nécessaire. Sachant que les stocks représentent des immobilisations financières, il est préférable de les maintenir toujours en rotation.

En revanche, les stocks doivent permettre de répondre à toute la demande des clients. Une rupture dans une famille de produit influence directement le niveau des ventes et donc les marges réalisées. C'est la raison principale qui incite parfois les responsables à privilégier une solution de sécurité impliquant des stocks importants et ce afin d'éviter la rupture.

Comme le montrent les figures 4-7,4-8 et 4-9 le niveau des stocks maintenu au plus bas crée des retards de livraison dans le cas d'une demande trop importante et ce même avec une cadence de production élevée.

Dans ce cas, avoir un stock trop faible n'est donc pas la meilleure des solutions car le sous-stockage va nettement augmenter les risques de rupture, ce qui n'est pas recommandé pour une entreprise concurrentielle telle que GE. En effet, en prenant des décisions pouvant aboutir à une insatisfaction de la demande de ses clients, GE se trouve dans l'obligation de faire face à un risque de réduction de sa part de marché.

La troisième stratégie visant une production importante, cherche avant tout à optimiser les chaînes de fabrication et à réduire les temps d'arrêts. Plus la production est importante, moindre est le coût de production d'une unité supplémentaire, les coûts de production tendent alors à se stabiliser.

De plus, l'optimisation de la production est la meilleure solution pour la réduction des délais de production. En effet, avec une réduction des délais de fabrication l'entreprise acquiert la capacité à renforcer sa présence sur le marché en y introduisant de nouveaux produits.

Il est également important d'avoir des délais de production relativement courts afin d'être plus flexible en cas de variation de la demande. L'entreprise est ainsi capable de modifier ses prévisions et d'anticiper les variations. Néanmoins, une forte production qui limite et maintient fixe les coûts de fabrication engendrera automatiquement des surcoûts de stockage dus à la grande quantité de produits stockés.

La considération des trois scénarii possibles, représente un outil de décision renforcé, offrant à l'entreprise plus de visibilité sur l'impact et l'importance des variations des différents coûts sur son activité. L'entreprise pourra ainsi mieux maîtriser ses coûts et donc adopter le plan industriel et commercial optimal aligné avec ses objectifs.

## ***Conclusion***

L'application a explicité l'adéquation du modèle mis en œuvre avec les besoins et les exigences de l'entreprise et sa cohérence avec les objectifs stratégiques de cette dernière.

Dans le cas de General Electric la stratégie adoptée lors de la conception du plan industriel et commercial est généralement une combinaison des trois stratégies proposées pendant des périodes données, sur le moyen terme, ne dépassant pas l'horizon de planification industrielle et commerciale. Or, le choix d'un PIC optimal ne peut être fait sans considérations quantitatives

et les discussions autour des différents scénarii résultants de l'application conduiront à de meilleures prises de décision.

La modélisation linéaire est alors la solution la plus adaptée au problème de planification à moyen terme de General Electric. En effet, la dimension quantitative du modèle permet un choix optimal lors des réunions S&OP des décideurs régionaux de GE.

## *Conclusion générale*

Ce projet, dont la vocation première était de trouver le moyen le plus efficace pour optimiser le plan industriel et commercial chez General Electric, a été orienté vers la conception d'un modèle mathématique afin de fournir aux responsables un outil d'aide dans leurs prises de décision lors des réunions de planification à moyen terme.

La démarche initiale débutant par l'analyse de l'environnement externe a mis en évidence la rivalité croissante sur le secteur de l'énergie et l'importance pour l'entreprise d'être dotée d'outils de planification solides. Le diagnostic interne a permis d'identifier la problématique à savoir l'absence de moyens efficaces servant de base dans la planification S&OP.

Il s'agissait ensuite de prendre connaissance de la théorie développée autour du processus S&OP, afin de s'imprégner de ce qui est censé être mis en pratique dans ce sens. L'étude des méthodes d'optimisation du S&OP a donc permis de retenir la modélisation linéaire comme solution jugée précise et robuste dans le cadre de la considération de la dimension quantitative inexistante dans le processus actuel.

La mise en place d'une solution a préalablement requis la compréhension des besoins des responsables de l'entreprise et la détermination des sources de données pour enfin concevoir le modèle linéaire.

La résolution sur CPLEX a été une étape nécessaire afin de prouver la capacité du modèle à fournir les bons résultats lors de chaque réunion du PIC.

Quant au problème de la qualité des données d'entrée du PIC, il a conduit à un ensemble de recommandations pouvant contribuer à le contenir.

La simulation du modèle avec les données de General Electric a généré des résultats fiables qui ont prouvé une totale cohérence avec les objectifs stratégiques de l'entreprise,

Ce projet nous a permis de prendre conscience de l'importance du diagnostic dans l'identification des problématiques. En effet il permet de cerner les paramètres impliqués et les relations existant entre elles. Il nous a été possible de comprendre que la prise de décision lors de l'élaboration des plans industriels et commerciaux est loin d'être une activité entièrement soumise à la subjectivité et à l'expérience mais, au contraire, doit être appréhendée en tant que processus disposant d'une dimension quantitative et dont la performance peut être améliorée s'il est fondé sur des outils scientifiques robustes.

Nous avons pu, à travers ce projet, approfondir nos connaissances et concepts théoriques grâce au travail de recherche qui a permis de constituer l'état de l'art.

Grace à ce présent travail, nous avons pu mettre en pratique des outils d'optimisation en entreprise pour les deux problématiques traitées.

Concernant le problème d'optimisation du plan industriel et commercial, il faut souligner que la conception du modèle, qui est un outil d'aide à la décision pouvant mener à la considération des meilleurs choix relatifs à la planification à moyen terme, peut être renforcée par un ensemble de recommandations complémentaires telles que :

- La méthode simulation-optimisation : une méthode complémentaire de la programmation linéaire, pouvant contribuer à la résolution du problème de plan industriel et commercial.
- L'implémentation d'une planification intégrée de l'entreprise : qui peut être définie comme un S&OP avancé ou de dernière génération et qui à partir du plan industriel et commercial va jusqu'au pilotage intégré de l'ensemble des activités de l'entreprise et de sa supply chain.

Pour le problème relatif à l'amélioration de la qualité des données, les recommandations proposées peuvent contribuer de façon significative à pallier à ce dernier, or aller jusqu'aux systèmes d'information, peut assurer une excellente qualité de donnée. Pour ce faire il existe plusieurs méthodes telles que :

- L'implémentation d'un outil performant de business intelligence : qui a le rôle clé dans la gestion et la fiabilité des données, par le biais de différents algorithmes et technologies d'extraction, de transformation et de stockage de données.
- Auditer le processus de traitement de données, ainsi qu'assurer un suivi opérationnel.

Pour conclure, nous pouvons dire que grâce à la mise en pratique des connaissances acquises durant notre formation d'ingénieur, les objectifs poursuivis au cours de ce travail ont été atteints. Nous espérons que ce projet verra son implémentation au sein de l'entreprise et ainsi contribuer à améliorer le processus de prise de décision.

## Annexes

**Annexe 1** : Le tableau suivant représente les systèmes d'information fournissant les données d'entrée du plan industriel et commercial.

Système	ICAM	SFDC	IBAT	EXANTE	FSP	Outage360
<b>utilisateurs</b>	CPM and CSL	Sales-ComOps	All	Market intelligence/ S&OP leader	Services Manager et Outages manager	Accessible à tous
<b>Fonctions</b>	Utilisé dans la planification de tous les arrêts des équipements de type de contrat CSA, comprenant tous les types de maintenance ,avec leurs coûts durées ..etc.	Sales: la saisie des données des arrêts de type de contrat TX et MMP ainsi que les opportunités du marché pour tout type de contrats ComOps: préparation de l'offre commerciale SFDC uses IBAT data for IB	Une base de donnée utilisée pour fusionner les données des différentes entités (les données d'Alstom après son acquisition)	Outil de prévision utilisé pour prévoir les arrêts et les parts de marché.	utilisé pour planifier les ressource : équipements, outillages, operates, and ressources humaines telles que: les ingénieurs et techniciens.	Un outil rapport utilisé afin d'avoir une vue globale sur tous les arrêts planifiés à partir de ICAM, SFDC et FSP.

Figure A1 : Les systèmes d'information

**Annexe 2** : Le tableau suivant représente les écarts entre la demande prévisionnelle et la demande réelle.

FRAME	COMPONENT	Middle East & Africa					
		2015 Actuals	2016 Actuals	Demand 2016	Demand 2017	V' 2016 Act Vs 2016 Demand	V' 2016 Act Vs 2017 Demand
6C Total		-	-	-	-	0%	0%
6FA Total		5	22	7	23	194%	-3%
7E Total		138	153	116	376	32%	-59%
7FA.03 Total		1	6	2	2	204%	204%
7FA.04 Total		96	28	26	52	8%	-46%
7FA.05 Total		17	18	-	39	0%	-54%
7FBJ+ 7FB Total		-	-	-	-	0%	0%
7H Total		-	-	-	-	0%	0%
7HA.01 Total		-	-	-	-	0%	0%
7HA.02 Total		-	-	-	-	0%	0%
9E.03+ 9E Total		300	500	276	386	81%	29%
9FA Total		167	116	64	27	82%	335%
9H Total		-	-	-	26	0%	-100%
9HA.01 Total		-	-	-	-	0%	0%
9EC Total		-	-	-	-	0%	0%
Grand Total		1,135	1,042	689	1,179	51%	-12%

Figure A2 : Ecart entre la demande prévisionnelle et la demande réelle.

## Annexe 3 : CPLEX

CPLEX est, à la base, un solveur de programmes linéaires. Il est commercialisé par la société ILOG depuis la version 6.0 (ISIMA 2008/2009, Christophe et Andréa Duhamel)

Il repose sur une implémentation performante du simplexe primal. Il dispose également du simplexe dual et du simplexe de réseau. Il peut aussi résoudre des programmes linéaires mixtes, en combinant le simplexe, le Branch and Bound et la génération de coupes. Depuis peu, il intègre également une technique à base de points intérieurs et peut traiter des problèmes quadratiques.

Actuellement, CPLEX est un des solveurs les plus performants disponibles, sinon le plus performant. Il peut ainsi traiter des problèmes contenant plusieurs dizaines de milliers de variables et plusieurs centaines de milliers de contraintes. Pour les problèmes mixtes, la limite est sensiblement plus basse, mais elle dépend grandement du type de problèmes et du modèle appliqué.

Les problèmes traités par la suite d'optimisation ILOG sont : les programmes linéaires et linéaires mixtes, les programmes quadratiques et quadratiques mixtes, les programmes avec contraintes quadratiques et avec contraintes quadratiques mixtes.

Sa fenêtre est la suivante :

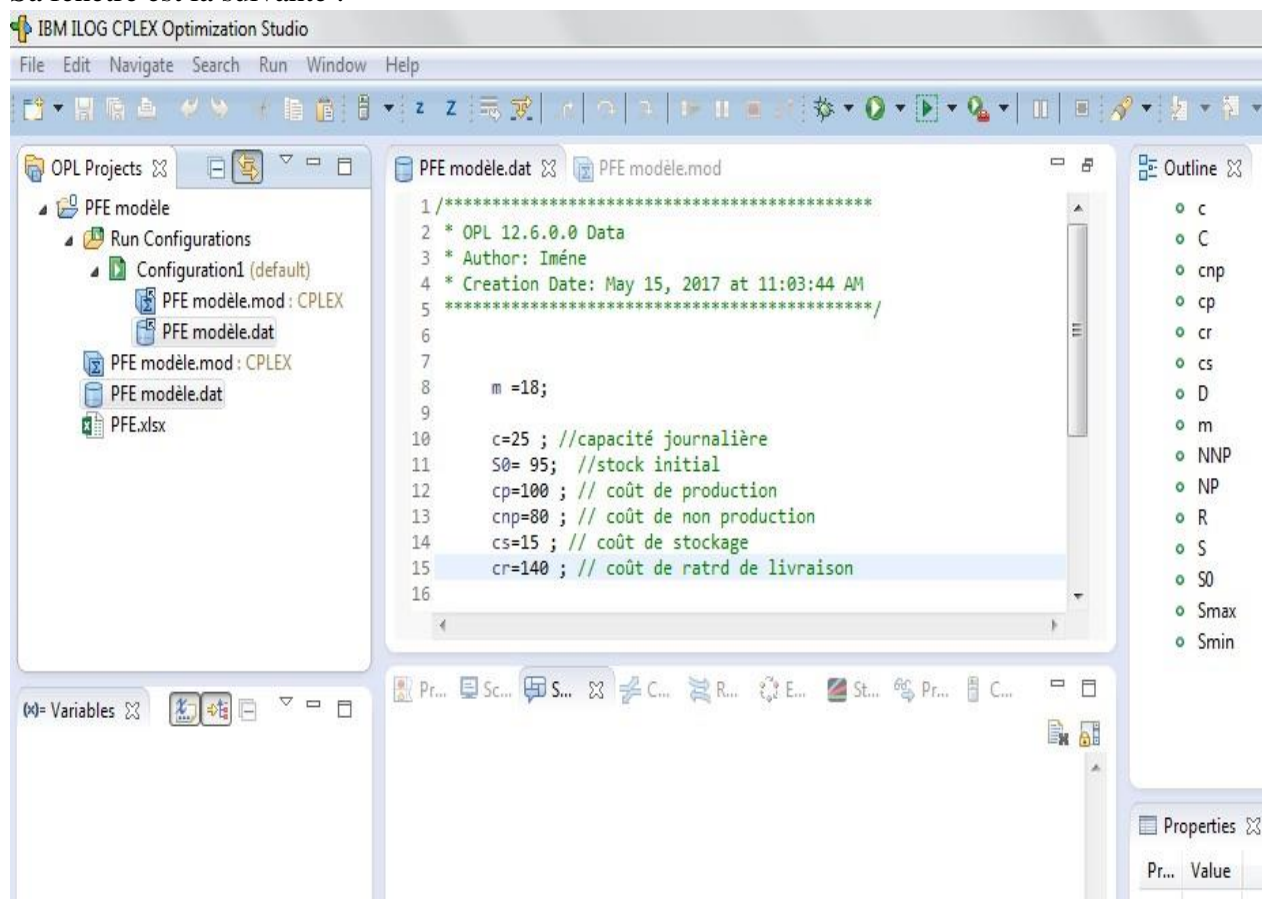


Figure A3 : La fenêtre du CPLEX.

## Annexe 4 : Code utilisé sur CPLEX

```

/*****
* OPL 12.6.0.0 Data
* Author: Iméne
* Creation Date: May 15, 2017 at 11:03:44 AM
*****/

m =18 ;
c=25 ; //capacité journalière
S0= 95 ; //stock initial
cp=100 ; // coût de production
cnp=80 ; // coût de non production
cs=15 ; // coût de stockage
cr=140 ; // coût de retard de livraison
SheetConnectionmy_sheet("PFE.xlsx");
D from SheetRead (my_sheet,"D");
Smin from SheetRead (my_sheet,"Smin");
Smax from SheetRead (my_sheet,"Smax");
C from SheetRead (my_sheet,"Capa");
NP to SheetWrite (my_sheet,"NP");
NNP to SheetWrite (my_sheet,"NNP");
S to SheetWrite (my_sheet,"stoc");
R to SheetWrite (my_sheet,"delay");
/*****
* OPL 12.6.0.0 Model
* Author: Iméne
* Creation Date: May 15, 2017 at 11:03:44 AM
*****/

int m=...; // horizon de prévision
range i1=0..m;// l'indice des stocks allant de 0(stock initial)à 18
range i=1..m;// l'indice du mois allant de 1 à 18
//paramètres
int c=... ;
int S0=... ; //stock initial
floatcp=... ; //coût de production unitaire
floatcnp=...; //coût de non production unitaire
floatcs=...; // coût de stockage unitaire
floatcr=...; // coût de retard de livraison unitaire
int D[i]=...; // demande prévisionnelle
intSmin[i]=...;
intSmax[i]=...;
int C[i]=...; // capacité mensuelle

//variables
dvarfloat+ NP[i]; // nbre de pièces produites
dvarfloat+ R[i] ; // nbre de pièces en retard
dvarfloat+ S[i1] ; // nbre de pièces en stock
dvarfloat+ NNP[i]; // nbre de pièces non produites
//fonctionobjectif

```



```

minimize (sum(j in i) cp * NP[j] + sum (j in i)cnp * NNP[j] + sum (j in i)cs * S[j] + sum(j in
i) cr *R [j]) ;

```

```

//contraintes

```

```

subject to {
S[0]==S0 ;

```

```

forall (j in i)

```

```

constraint1: NP[j]+S[j-1]== D[j]-R[j];

```

```

forall (k in i)

```

```

constraint2: NP[k]+NNP[k]==C[k];

```

```

forall (k in i)

```

```

constraint3: Smin[k]<=S[k]<=Smax[k];

```

Les données d'entrée sont extraites d'un fichier excel nommé (PFE.xls)

Les résultats sont aussi écrits sur ce même fichier excel.

La figure A4 illustre un exemple des résultats obtenus. Elle représente les résultats obtenus pour la simulation (scénario moyen) de la première stratégie du produit third stage BUCKET

Résultat					
mois	nbre de pièces produite	nbre de pièces nn produite	stock	retard	
1	730		200	115	0
2	450		390	400	0
3	443		487	400	0
4	405		495	400	0
5	515		415	400	0
6	350		550	400	0
7	577		353	400	0
8	365		565	400	0
9	495		405	400	0
10	460		470	400	0
11	550		350	400	0
12	603		327	400	0
13	550		380	400	0
14	400		440	400	0
15	465		465	400	0
16	624		276	400	0
17	650		280	400	0
18	250		650	400	0
19				60	

Figure A4 : Les résultats obtenus, affichés sur EXCEL

## Annexe 5 : Données d'entrées des produits

Données					
mois	Demande	capacité mensuelle	Smin	Smax	
1	750	775	50	250	
2	823	700	50	250	
3	777	775	50	250	
4	640	750	50	250	
5	911	775	50	250	
6	732	750	50	250	
7	1110	775	50	250	
8	834	775	50	250	
9	946	750	50	250	
10	875	775	50	250	
11	721	750	50	250	
12	797	775	50	250	
13	1035	750	50	250	
14	685	775	50	250	
15	804	750	50	250	
16	912	775	50	250	
17	575	750	50	250	
18	698	775	50	250	

Figure A5 : Les données d'entrée du Liner

Données					
mois	Demande	capacité mensuelle	Smin	Smax	
1	845	930	60	400	
2	850	840	60	400	
3	843	930	60	400	
4	805	900	60	400	
5	915	930	60	400	
6	750	900	60	400	
7	977	930	60	400	
8	765	930	60	400	
9	895	900	60	400	
10	860	930	60	400	
11	950	900	60	400	
12	1003	930	60	400	
13	950	930	60	400	
14	800	840	60	400	
15	865	930	60	400	
16	1024	900	60	400	
17	1050	930	60	400	
18	650	900	60	400	

Figure A6 : Les données d'entrée du third stage BUCKET

Données					
mois	Demande	capacité mensuelle	Smin	Smax	
1	1125	1085	75	800	
2	1530	980	75	800	
3	1302	1085	75	800	
4	1625	1050	75	800	
5	1030	1085	75	800	
6	883	1050	75	800	
7	1030	1085	75	800	
8	970	1085	75	800	
9	1334	1050	75	800	
10	1270	1085	75	800	
11	982	1050	75	800	
12	930	1085	75	800	
13	1025	1085	75	800	
14	1333	980	75	800	
15	1602	1085	75	800	
16	1000	1050	75	800	
17	893	1085	75	800	
18	932	1050	75	800	

Figure A7 : Les données d'entrée du third stage NOZZLE

## Annexe 6 : Outage tracker

La figure A8 représente le fichier relatif aux données complétées. Les cellules en jaune représentent les données manquantes avant notre intervention. Ce sont principalement les identifiants des opportunités sur le système d'information.

Steam SFDC outage ID	Opportunity ID	Sub - Region	Country	Customer	SITE-Unit	Customer SN	Outages under CSA	Outages not addressable / lost	Outages self Perform	Comments	
n		NA	Algeria	SNC Lavallin	Hadjret enoues	26	6	Y	N	N	Covered under GE CSA
n		NA	Algeria	SNC Lavallin	Hadjret enoues	18	6	Y	N	N	Covered under GE CSA
n		NA	Algeria	AOM	Terga	11		Y			Covered under GE CSA / O&M
n		NA	Algeria	AOM	Terga	12		Y			Covered under GE CSA / O&M
n		NA	Morocco	TAGA	Jorf Lasfar TAGA	2	6	Y			Covered under GE CSA
n		NA	Morocco	TAGA	Jorf Lasfar TAGA	4	6	Y			Covered under GE CSA
n		NA	Tunisia	STEG	Sousse B	B	4	N		N	Offer in preparation only for parts against RFG, the outage may be moved to 03
n		NA	Morocco	OCP	OCP Jorf Lasfar	2		Y			To be deleted, the outage on unit 2 maybe will take place in 5 years
P-181575		NA	ALGERIA	Soneldgaz SPE	Raz Djinet	ST Unit 30	7	N	Y	N	Lost to Siemens OEM. For more details please contact Khaled OUKACI
P-181575		NA	ALGERIA	Soneldgaz SPE	Raz Djinet	ST Unit 40	7	N	Y	N	Lost to Siemens OEM. For more details please contact Khaled OUKACI
n		NA	ALGERIA	Soneldgaz SPE	Jijel	ST Unit 1	9	N	N	N	You can contact Khaled OUKACI
n		NA	ALGERIA	Soneldgaz SPE	Marzab	ST Unit 2	9	N	N	N	You can contact Khaled OUKACI
n		NA	Morocco	ONEE	Mohammedia	Unit 3 C	3	N	N	N	Upgraded by Alstom Italy in 2013 provisional acceptance received. Still some outstanding claims under discussion. RFG verified will be a public tender.

Figure A8 : Les données manquantes du steam outage tracker

La figure A9 représente le fichier complété :

A	B	C	D	E	F	G
Steam SFDC outage ID	Opportunity ID	Sub - Region	Country	Customer	SITE-Unit	Customer SN
P-181575		NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Ras Djinet	ST Unit 30
P-181575		NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Ras Djinet	ST Unit 40
P-181576		NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Jijel	ST Unit 1
P-181575		NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Marsat	ST Unit 2
P-181579	1065274	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Jijel	
P-181575	1062548	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Jijel	
P-181575	1062550	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Jijel	
P-181588	1099443	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Jijel	
P-181575	1063005	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Ras Djinet	
P-181593	1063006	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Ras Djinet	
P-181573	1068503	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Ras Djinet	
P-181575	1063007	NA	ALGERIA	Sonelgaz SPE	Marsat	

Figure A9 : Le fichier steam outage tracker complété.

## Annexe 7 : Les résultats de simulation

Les figures suivantes représentent les résultats des simulations pour les deux produits : third stage BUCKET et third stage NOZZLE.

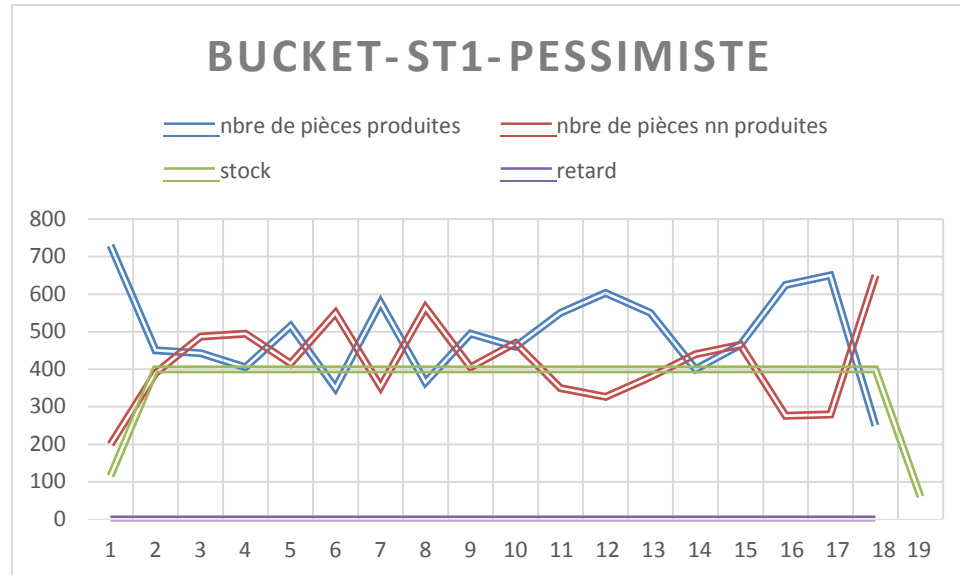


Figure A10 : Simulation pessimiste (BUCKET, stratégie 1)

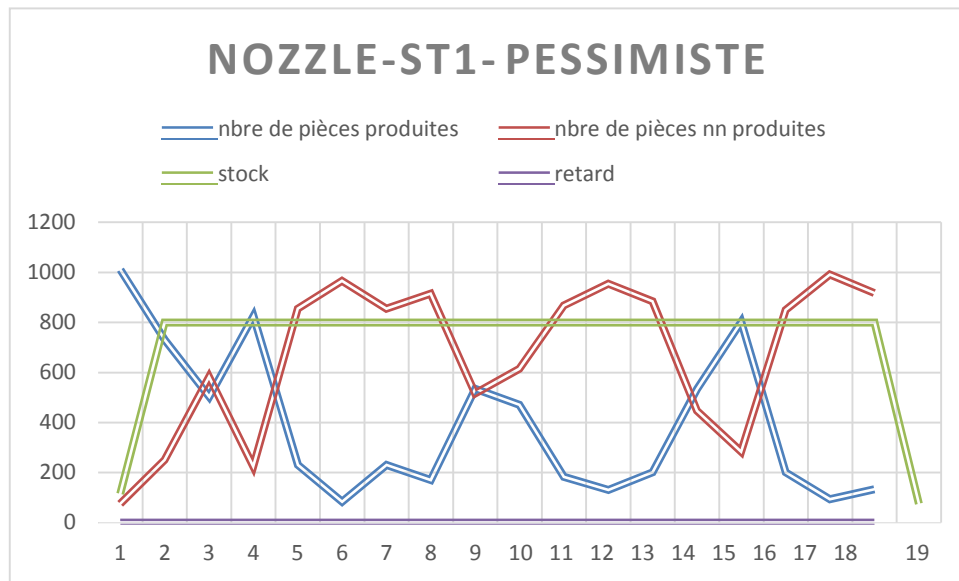


Figure A11 : Simulation pessimiste (NOZZLE, stratégie 1)

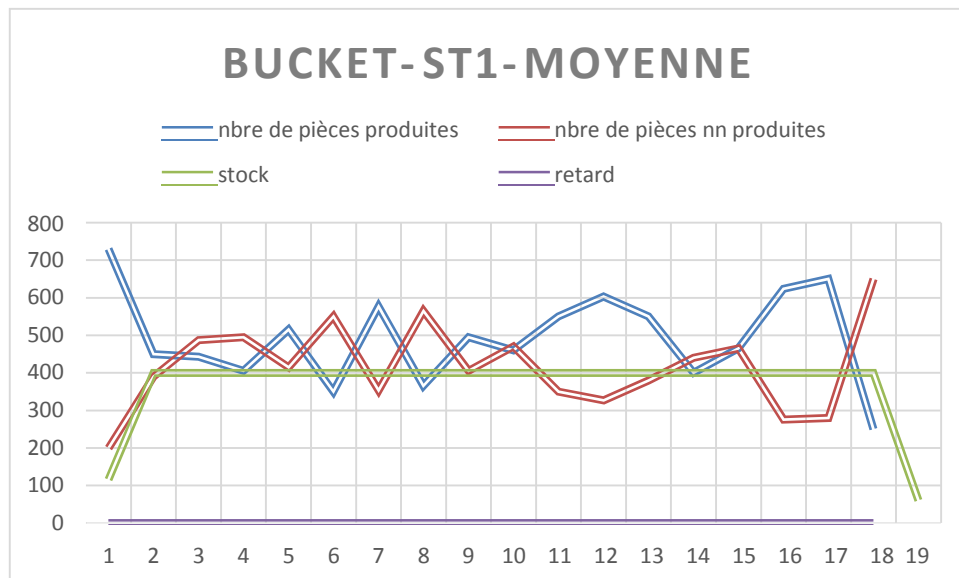


Figure A12 : Simulation moyenne (BUCKET, stratégie 1)

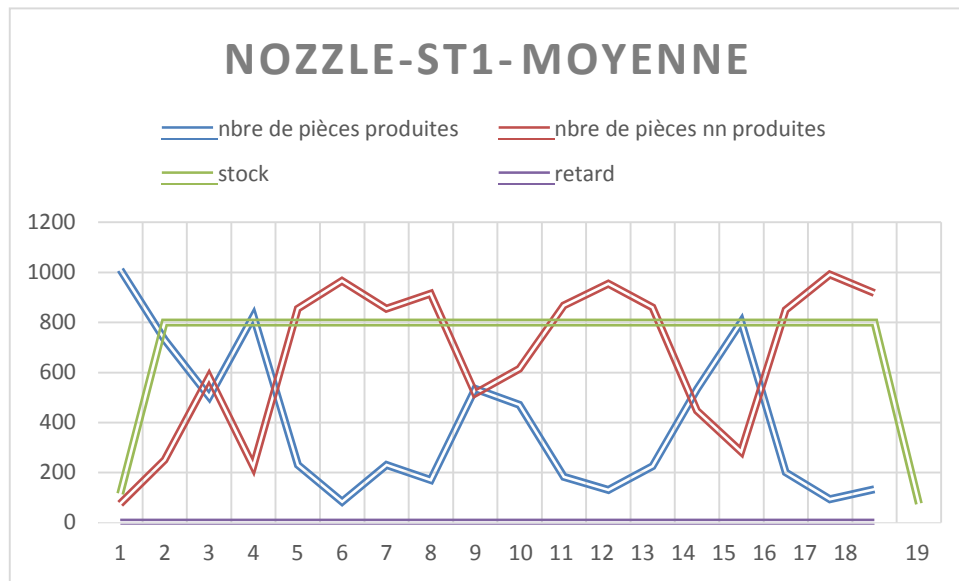


Figure A13 : Simulation moyenne (NOZZLE, stratégie 1)

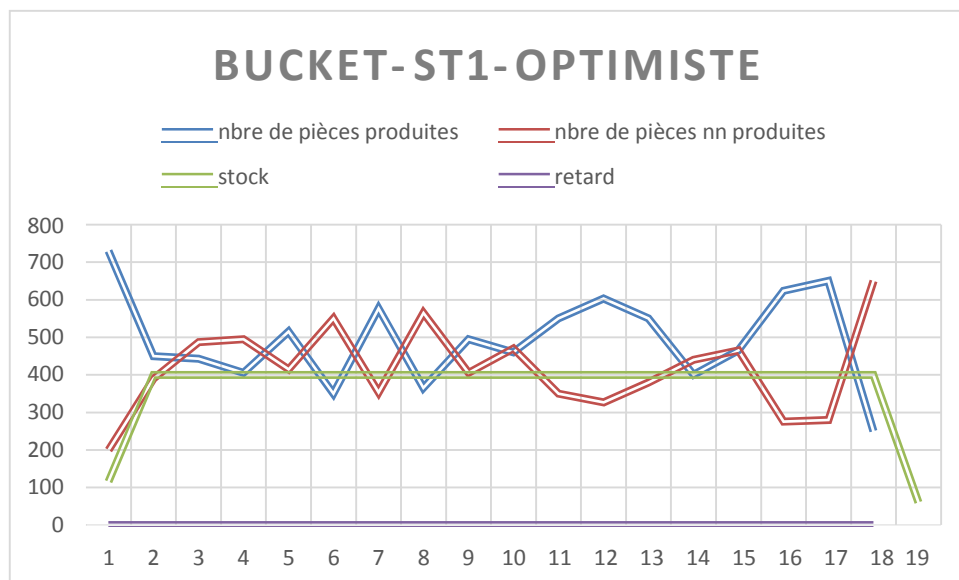


Figure A14 : Simulation optimiste (BUCKET, stratégie 1)

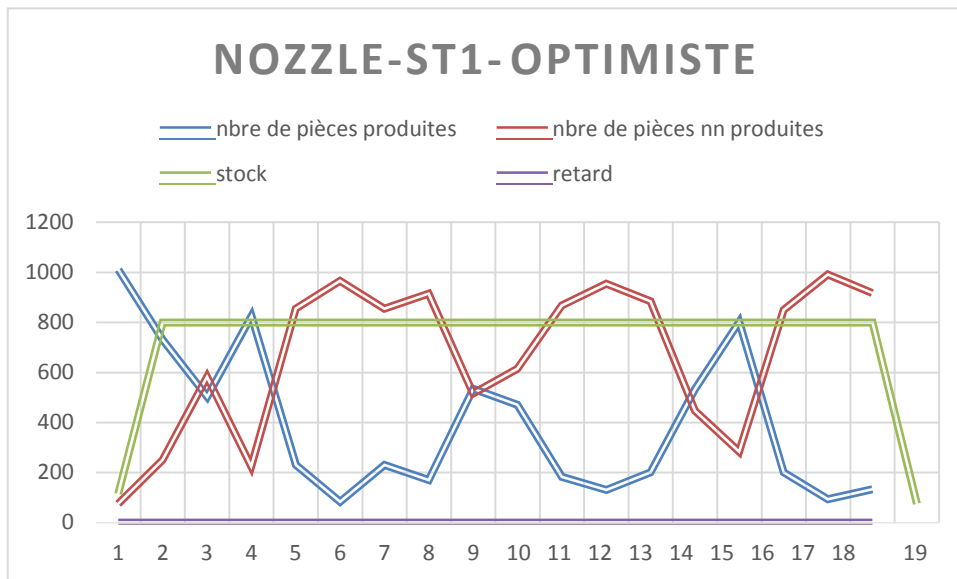


Figure A15 : Simulation optimiste (NOZZLE, stratégie 1)

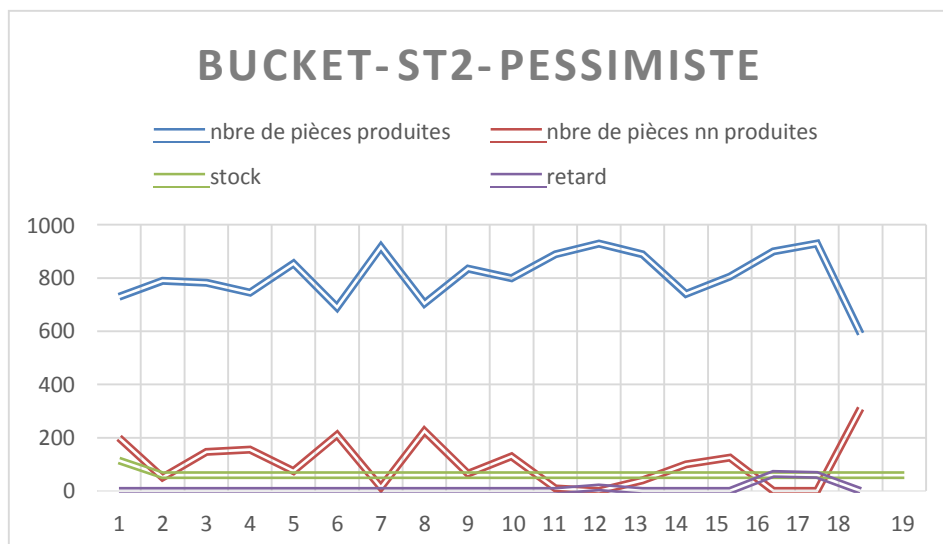


Figure A16 : Simulation pessimiste (BUCKET, stratégie 2)

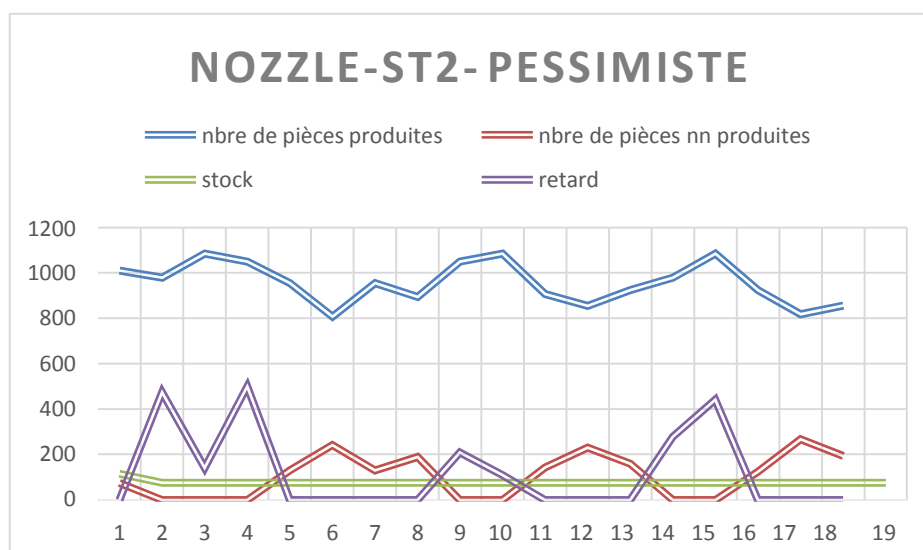


Figure A17 : Simulation pessimiste (NOZZLE, stratégie 2)

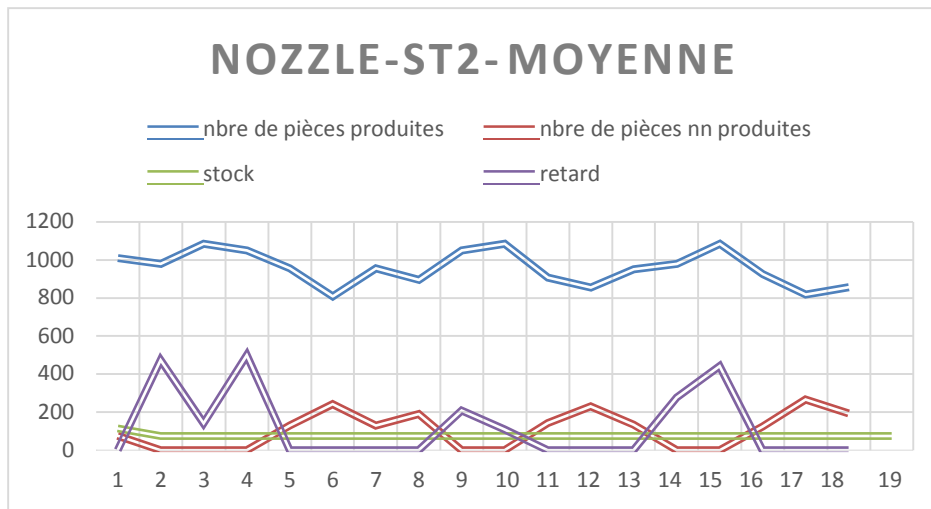


Figure A18 : Simulation moyenne (NOZZLE, stratégie 2)

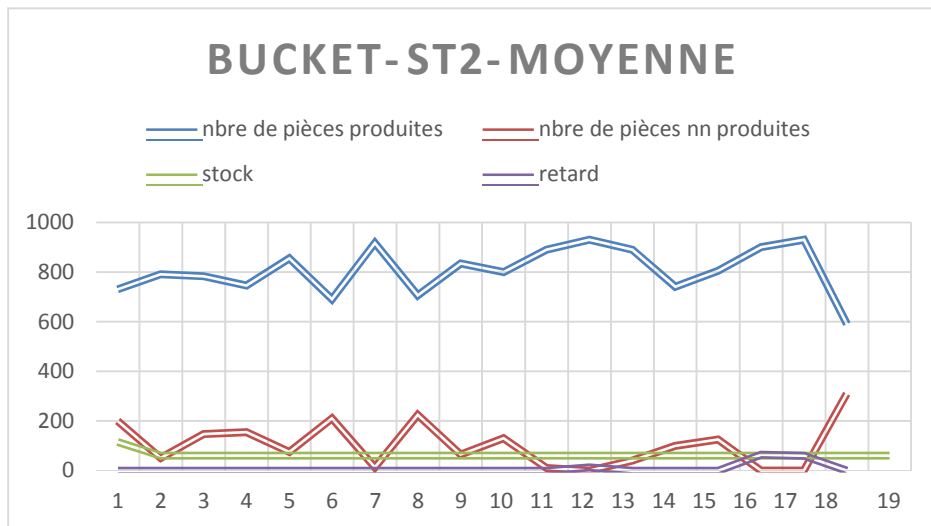


Figure A19 : Simulation moyenne (BUCKET, stratégie 2)

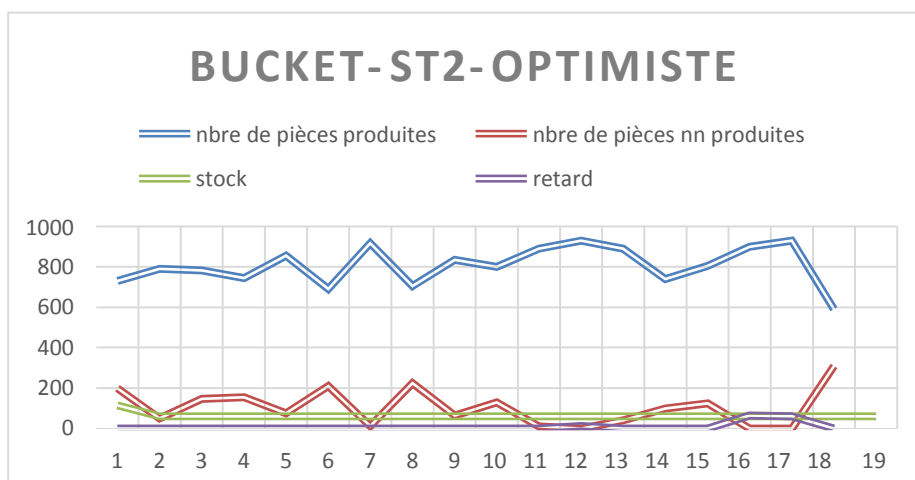


Figure A20 : Simulation optimiste (BUCKET, stratégie 2)



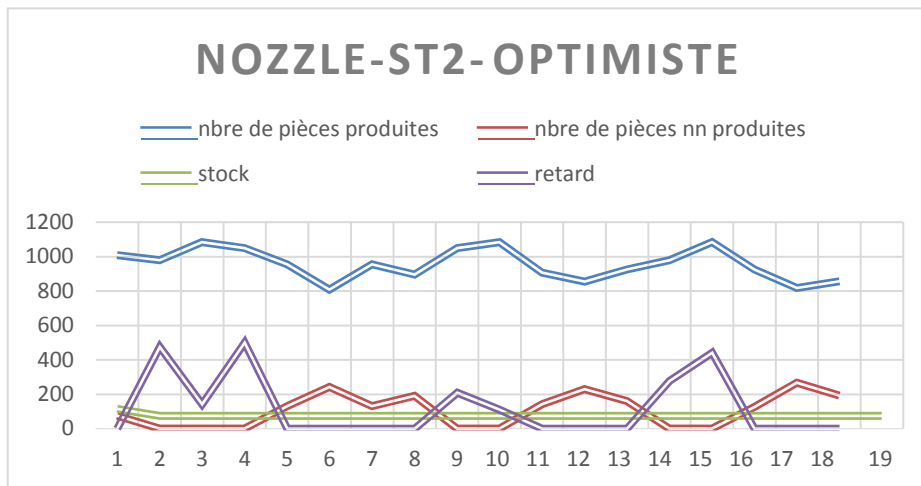


Figure A21 : Simulation optimiste (NOZZLE, stratégie 2)

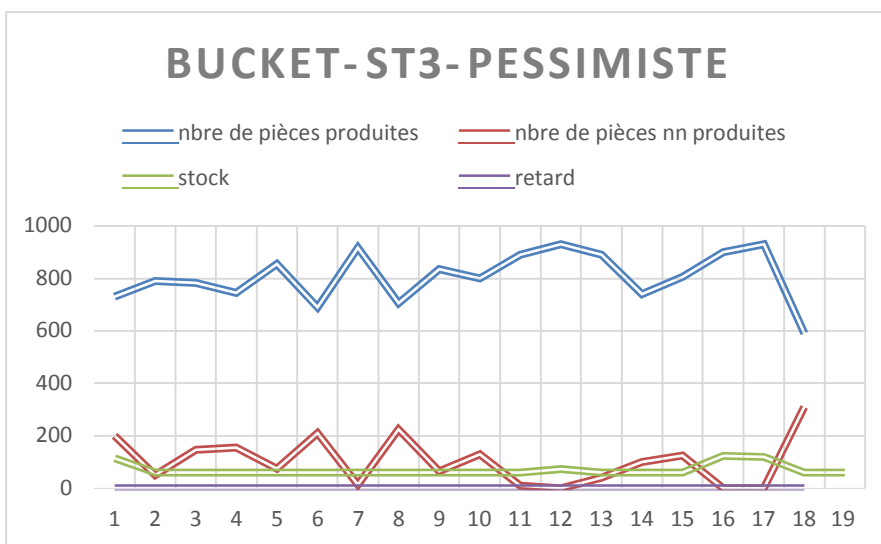


Figure A22 : Simulation pessimiste (BUCKET, stratégie 3)

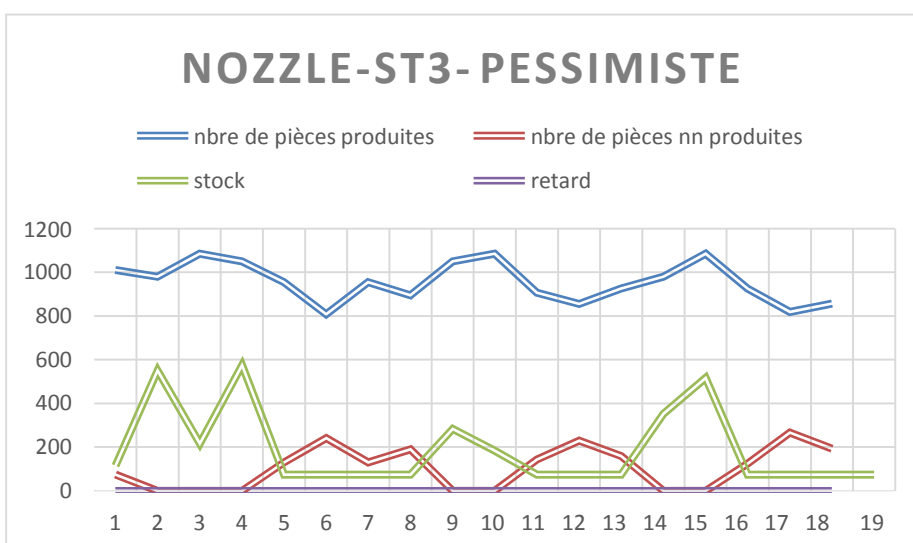


Figure A23 : Simulation pessimiste (NOZZLE, stratégie 3)

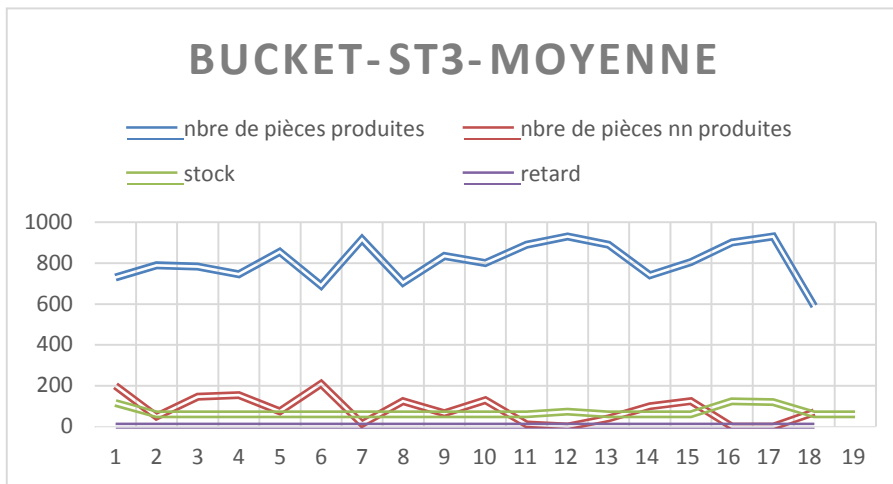


Figure A24 : Simulation moyenne (BUCKET, stratégie 3)

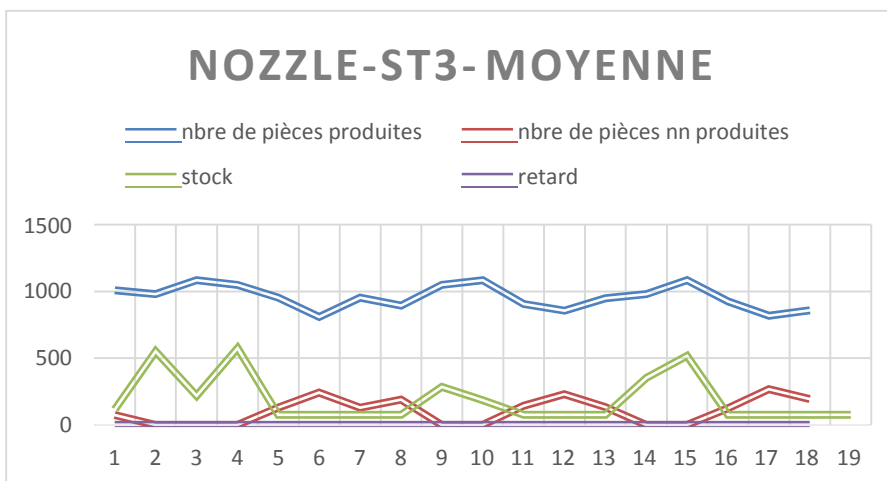


Figure A25 : Simulation moyenne (NOZZLE, stratégie 3)

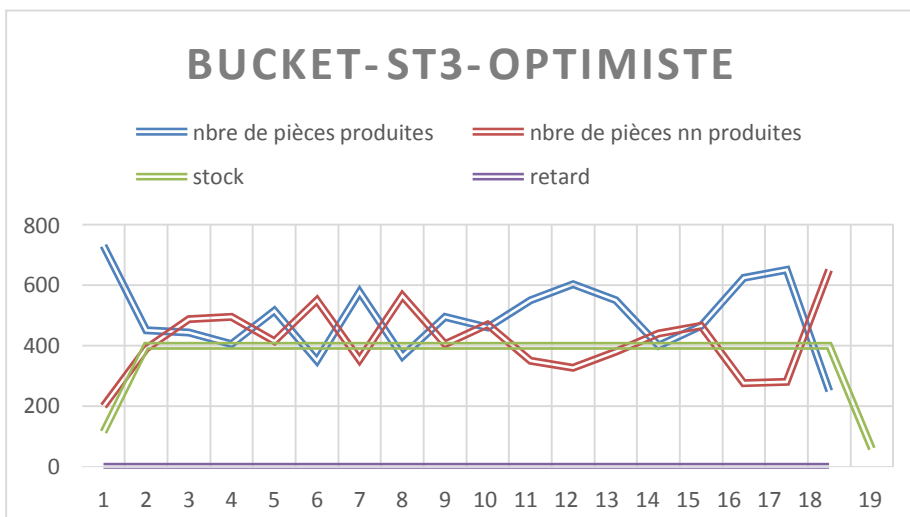


Figure A26 : Simulation optimiste (BUCKET, stratégie 3)

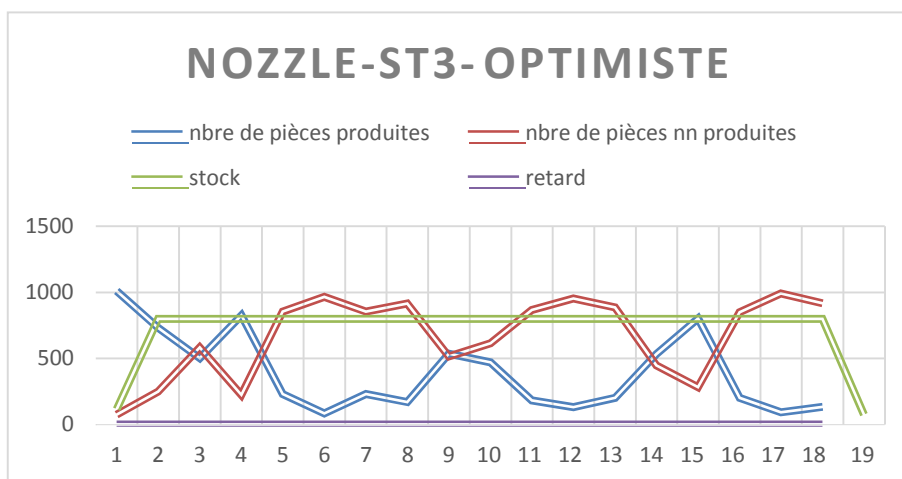


Figure A27 : Simulation optimiste (NOZZLE, stratégie 3)

## ***Bibliographie***

- ALAOUI, S.** *Décisions marketing*. Direction et Gestion (La RSG), France, 2003.
- ALLE, P.** *Best of S&OP*. APICS & IBF, Chicago, 2017.
- AMODEO, L ; YALAOUI, F.** *Logistique interne entreposage et manutention*. Ellipses, France, 2011.
- BELT, B.** *Les basiques de la gestion industrielle et logistique*. Eyrolles, Paris, 2008.
- BIZINGRE, J.** *Les référentiels des systèmes d'information*. Dunod, Paris, 2013.
- CHOPRA, S; MEINDL, P.** *Supply chain management: strategy, planning and operation*. Springer, Boston, 2016.
- CORNIC, C.** *L'indispensable planification de votre projet : les concepts*. Sopra, France, 2016.
- DUHAMEL, C. DUHAMEL, A.** *Introduction à CPLEX*. IEEE, Paris, 2009.
- FENG, Y.** *Evaluation of sales and operations planning in a process industry*. Austin, Québec, 2010.
- FENDER, F ; BARON, M.** *Le supply chain management en 37 fiches-outils*. Dunod, Paris, 2012.
- GENIN, P.** *Exercice sur l'optimisation du PIC Le cas la main verte*. Educagri, Paris, 2001.
- HARDING, M, L.** *Calculating the total cost of ownership for items that are inventoried*. Barron's Educational Series, Boston, 2002.
- LECOMTE, M.** *Logistique, achats, distribution et flux internationaux*. Thèse de MBA, Institut supérieur du commerce, Paris, 2009.
- LEMOINE, D.** *Modèles génériques et méthodes de résolution pour la planification tactique Mono-site et Multi-site*. Thèse de doctorat, Université de Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II, France, 2008.
- LIM, L, L.** *Nouveau modèle de planification industrielle et commerciale avec approvisionnement long dans l'industrie automobile : approche par simulation-optimisation*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble Alpes, Grenoble, 2
- MARRIER, P; BOLDUC, S; BEN ALI, M.** *S&OP network model for commodity lumber products*. Nancy, 2015.
- MENNUCCI, C.** *La supply chain collaborative dans les télécoms*. Paris, 2012.
- MORNET, H ; BERINGER F.** *Comment optimiser la planification décentralisée d'une supply Chain ?*. France, 2013.
- NEKOUROUH, M.** *Les 100 de management de projet*. Katamaran, Paris 2010.
- PERROT, P ; VILLEMUS, A.** *La boîte à outils de la supply chain*. Dunod, Paris 2015.
- PIMOR, AIM FENDER, M.** *Logistique*. Dunod, Paris 2008.
- RICHARDSON, H.** *Control your costs then cut them*. Elsevier, Boston, 1995.

**WALLACE, T; STAHL, R.** *Sales and operations planning*. TF Wallace \& Company, USA, 2008.

**VAN LAETHEM, N; BILLON, C; BERTIN, O.** *L'atlas du marketing*. Eyrolles, France, 2011.

**VISVANATHAN, G.** *Corporate governance and real earnings management*. Chicago, 2008.