République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Béjaïa
Faculté des Sciences Exactes
Département Recherche Opérationnelle

ENTREPRISE ALGÉRIENNE TEXTILES
INDUSTRIELS TECHNIQUES

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme Master en Mathematiques appliquées
Option : Modélisation Mathematique et Technique de Décision

Thème

Optimisation de la production au sain de l'entreprise textile EATIT (ex : ICOTAL Béjaïa)

Réalisé par :

M^r MEDDOUR Mohand & **M^{elle} SAAOUI Souad**

Président du jury :	**D^r B. BRAHMI**	M.C.B	Université de Béjaïa.
Promoteurs :	**P^r D. AISSANI**	Professeur	Université de Béjaïa.
	M^{elle} Z. AOUDIA	M.A.A	Université de Béjaïa.
Examinateurs :	**M^{elle} R. SAIT**	M.A.A	Université de Béjaïa.
	M^{elle} K. HASSAINI	M.A.A	Université de Béjaïa.

Juillet, 2016

Remerciement

Nous tenons à remercier vivement *le professeur D. AISSANI* pour nous avoir honorés par son encadrement, ses judicieuses orientations et ses précieux conseils. Nous remercions également *M^{elle} Z. AOUDIA* pour son encadrement indulgent, pour ses conseils, sa générosité et sa disponibilité durant toute l'étude.

Nous remerciements sont destinés aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce mémoire à sa juste valeur, et de nous faire part de leurs remarques sûrement pertinentes qui contribueront, sans nul doute, au perfectionnement du présent travail.

Nous tenons à remercier tout les responsables de l'entreprise EATIT ainsi que tous les fonctionnaires, et chaque personne ayant contribué de prés ou de loin au bon déroulement de notre étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mon père qui m'a inculqué la discipline, les valeurs de la réussite et du respect d'autrui.

Ma tendre mère, qui m'a enseigné la tendresse, la douceur.

Mes grands parents.

Toute ma famille.

La mémoire de ma tente Bahia.

Mes Frères Yazid, Amine, Assalas, et ma sœur Lydia

Ma binôme Souad et toute sa famille.

L'ensemble de mes amies(es).

Mohand

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mon père qui m'a inculqué la discipline, les valeurs de la réussite et du respect d'autrui.

Ma tendre mère, qui m'a enseigné la tendresse, la douceur.

Mes grands parents.

Mes tentes Zouhra et Hanifa.

Mon Frère Lakhdar et sa femme Soraya et ses enfants Shahrazed, Rayane et Amel.

Mes sœurs Wahiba, Nassima, Noria, Tamazight et Yasmina.

Mon binôme Mohand et toute sa famille.

L'ensemble de mes amies(es) plus particulièrement ma fleure adorée Nadia.

Souad

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Abréviations

EATIT : Entreprise Algérienne des Textile Industriel et Technique. BOM : Bill Of Materials.
HB : Hors base.
PL : Programme linéaire.
PLNE : Programme linéaire en nombres entiers.
PR : Programme relaxé.
PVC :Problème du voyageur en commerce.
RT : Recherche Tabou

Introduction générale

Les entreprises publiques économiques algériennes font face à des changements structurels importants qu'elles doivent bien maîtriser, car leur survie en tant qu'entreprises dépendra surtout de leur capacité à s'adapter à ces changements. De nos jours leurs assainissements et leurs compétitivités sont devenus des problèmes primordiaux. La strategie de toute entreprise doit s'articuler dans ce sens [1].

La production est l'activité socialement organisée exercée par une unité institutionnelle qui combine des facteurs de production (facteur travail et le facteur capital afin) de transformer les consommations intermédiaires en biens ou en services échangés sur le marché ou obtenus à partir de facteurs de production s'échangeant sur le marché.

La productivité d'une entreprise est un indicateur de son dynamisme et de sa richesse économique. Les machines doivent pouvoir fabriquer plusieurs types de produits de manière efficace.

Une bonne organisation du processus de production permettra à l'entreprise d'avoir une capacité de production légèrement supérieure à la demande. Si la capacité est inférieure à la demande, l'entreprise perd des clients. En plus de réduire les bénéfices de l'entreprise. En revanche, si la capacité de production est démesurément supérieure à la demande, l'entreprise perd l'argent, puisqu'elle maintient des installations trop grandes ainsi que des équipements et peut être même des employés dont elle n'a pas besoin.

L'optimisation combinatoire occupe une place très importante en recherche opérationnelle, en mathématiques discrètes et en informatique. Son importance se justifie d'une part par la grande difficulté des problèmes d'optimisation [21] et d'autre part par de nombreuses applications pratiques pouvant être formulées sous la forme d'un problème d'optimisation combinatoire. Bien que les problèmes d'optimisation combinatoire soient souvent faciles à définir, ils sont généralement difficiles à résoudre. En effet, la plupart de ces problèmes appartiennent à la classe des problèmes NP-difficiles et ne possèdent donc pas à ce jour de solution algorithmique efficace valable pour toutes les données [14].

Lors de notre présentation à l'entreprise EATIT en tant que spécialistes d'aide à la décision, nous avons d'abord discuté sur les différents problèmes existants dans l'entreprise et nous avons constaté leur problème majeur est à quel point, la capacité de production peut satisfaire la demande des clients.

A la suite de cette introduction, nous donnerons durant le premier chapitre une présentation de l'entreprise EATIT, où nous spécifierons les différents ateliers et le fonctionnement du processus de production.

Dans le second chapitre, nous donnerons quelques généralités sur l'optimisation combinatoire, dans le but de savoir comment résoudre un problème d'optimisation combinatoire avec maximisation ou minimisation d'une fonction objectif.

Ensuite, nous présentons dans le chapitre trois, la définition du système de production, ses différents types et les étapes de modélisation de ce processus.

La modélisation mathématique et la résolution du problème ainsi que l'interprétation des résultats sont résumés dans le quatrième chapitre.

Nous concluerons en exposant certaines perspectives de ce travail.

1

Présentation de l'entreprise EATIT

1.1 Bref historique de EATIT

L'Entreprise Algérienne des textiles industriels et techniques EPE-EATIT-SPA, a été crée lors de la relance économique du secteur textile décidé par le CPE dans sa résolution $N^0 05/111$ du 03 mars 2011, portant intégration des sept entreprises du textile dont ICOTAL SPA, dans l'entreprise publique économique non affiliée et dont les actionnaires sont l'EPIC-EHC et la SGP-IM.

L'entreprise ICOTAL SPA est née d'une scission avec l'EPE ECOTEX SPA , Cette dernière étant issue de la restructuration de la société mère SONITEX. Elle a été crée en 1959 dans le cadre du plan de Constantine sous la raison social : Industrie Cotonnière Algérienne avec abréviation ICOTAL.

Elle fut nationalisée en Novembre de 1974 et integrée dans le patrimoine de la SONITEX suivant l'ordonnance $N^0 74-106$ du $15 Novembre 1974$. L'entreprise été integrée à l'entreprise ECOTEX en 20 Décembre 1997. L'assemble général éxtraordinaire de L'EPE ECOTEX dans sa resolution $N^0 02$ consacre sa filialisation en devenant aussi filiale du Goldman reprenant son appellation d'origine a savoir : Industrie Cotonniere Algerienne (ICOTAL).

Le dépot des statuts de la filiale s'est éffectué le 5 de Séptembre de 1998 sous le $N^0B182541$ est ete remis à la filiale qu'en Décembre 1998. Le patrimoine de la filiale à été évalue par les domaines de la wilaya de Bejaia à 330162604DA.

La filiale a procédé à la comptabilisation du bilan d'ouverture première phase remis par la direction générale ECOTEX. Il est à noter que les terrains et bâtiments n'ont pas fait l'objet d'un transfert dans cette phase compte tenue du fait que la situation du patrimoine de la filiale n'est régularisé qu'en avril 2002 par un livret foncier délivré par la conservation foncière de Bejaia.

1.2 Situation et dimensions

L'entreprise EATIT est située dans la zone industrielle arrière port, BP 110 Bejaia, avec une superficie de $100000m^2$á répartie comme suit :
- Atelier de production textile de $8660m^2$.
- Atelier de confection de $5420m^2$.
- Magasin de matière première de $3450m^2$.
- Magasin de produit finis de $2000m^2$.
- Services généraux de production de $1910m^2$.
- Services généraux de soutien de $3010m^2$.

L'entreprise bénéficie de par sa situation géographique d'excellentes voies de communication et d'accès, en l'occurrence :
- La route nationale á 100 mètres environ.
- Le port à 400 mètres environ.
- La gare ferroviaire à 1500 mètres environ.
- L'aéroport à 1500 mètres environ.

Elle est entourée par plusieurs entreprises, parmi elles :
- à droite l'entreprise NAFTAL.
- à gauche l'entreprise Transfos.
- à En face l'entreprise CEVITAL.

Elle dispose également des unités suivantes :
- Electricité 1500 kilowatts de puissance installée (trois transformateurs de 500 kilowatts).
- Gaz 300 milliards de puissance installées.
- Eau réseau communal pour eau potable, industrielle et apport supplémentaires de 4 puits au niveau de la filiale.

1.3 Activité de l'entreprise

L'activité de l'EATIT est basée sur la fabrication et la commercialisation des articles suivantes :
- Bonnèterie : Sous-vêtement ;
- Vêtements de travail et divers : vêtement de sport et vêtement professionnels ;

Ces produits sont commercialisés au niveau local sur les deux secteurs :
- Secteur public : Environ 95% des ventes ;
- Secteur prive : Environ 5% des ventes ;

La fabrication de ces produits doit passer dans les ateliers suivants :
- Tricotage : Fabrication d'étoffes de bonnèterie avec capacité de 800 kilogramme par jours ;
- Finissage : Teinture et blanchissement des étoffes produits par le tricotage ;
- Confection : Confection des articles de bonnèteries avec une capacité de 1470656 articles/mois ;

La matière première utilisée par cette entreprise pour la production de ses articles est, en partie, importée de l'étrangers, comme la Suisse, la France , l'autre partie étant achetée localement.

1.4 Les différentes structures de l'EATIT

L'EATIT est une filiale à 100% du groupe EATIT dont la direction générale est sis au niveau d'Alger.
L'EATIT est implantée sur le territoire national et dispose de directions régionales comme suit :
- Direction De M'SILA ;
- Direction De BATNA ;
- Direction de DRAA BEN KHEDA ;
- Direction de SEBDOU ;
- Direction de SOUKAHRAS ;
- Direction de TLEMCEN

1.5 Le patrimoine de l'EATIT

Tricotage : Cet atelier se compose de 23 machine à tricoter fonctionnels, ces équipements installer pour la plupart en 1978, il s'agit des équipements varié composés de plusieurs marques (marques Italienne, Française etc.)
La capacité de ces types de matière qui ne peuvent satisfaire les exigences du marché, tant au plan de supporters et de la qualité, qu'au niveau des performances induites par une technologie très limité, pour ces équipement de textiles, ajouté des difficultés de trouver des performances et le développement de l'entreprise.

Finissage : Ce parc se compose de 4 machine fonctionnelles acquises depuis 1978, leurs capacités sont très limitées :
- Machine à laver
- Machine de teinture et blanchissement
- Machine à sécher de tissu qui sort sous forme de rouleaux, entre 10 kilogramme jusqu'à 20 kilogramme du métrage du tissu à rouler.

Confection : Ce parc est composé de 320 machines à coudre de différente marques et types, cette disparité nécessité une polyvalence dans le domaine de la maintenance, et induit la gestion d'une multitude de disposition des pièces détachées. L'absence de standardisation pose le problème au plan de l'approvisionnement.
Le matériel de couper de finition est composé de treize (13) machines, dont des soudeuses, sachets et de presse.

Les équipements de transport : Le parc est composé de trois (3) véhicules de poids lourds et deux (2) véhicules de poids léger.

Les équipements de bureau : sont estimés à $1054035, 12$ DA.

Les équipements sociaux : sont estimés à $10227950, 60$ DA.

L'effectif indisponible : il s'agit du personnel en situation de :
- Maladies de longue durée ;
- Accidents de travail ;
- Invalidités ;
- Congés de maternité ;
- Mise en indisponibilité ;
- Service national ;
- Etc.

1.6 L'Organisation de l'EATIT

L'organisation de l'EATIT répond aux objectifs ou principes directeurs suivants :
- Distinguer les trois (03) niveaux hiérarchiques : stratégique, pilotage et opérationnel.
- Alléger le processus décisionnel par une diffusion des responsabilités.
- Favoriser á travers l'organisation, la création de pôles de compétences (centres d'expertise) en y concentrant les ressources présentant les mêmes types de savoir-faire.
- Eviter que les structures centrales soient impliquées quotidiennement dans les processus opérationnels, et leur confier les rôles d'orientation, de contrôle et d'assistance.
- Doter chaque structure de moyens humains et matériels et lui assigner des objectifs de performances et de résultats.
- Donner une orientation organisationnelle tournée vers la production.

– Intégrer l'objectif de maîtrise des coûts pour éviter une multiplication de structures et niveaux hiérarchiques, coûteuse et source de dysfonctionnements.

1.7 L'Organigramme de l'EATIT

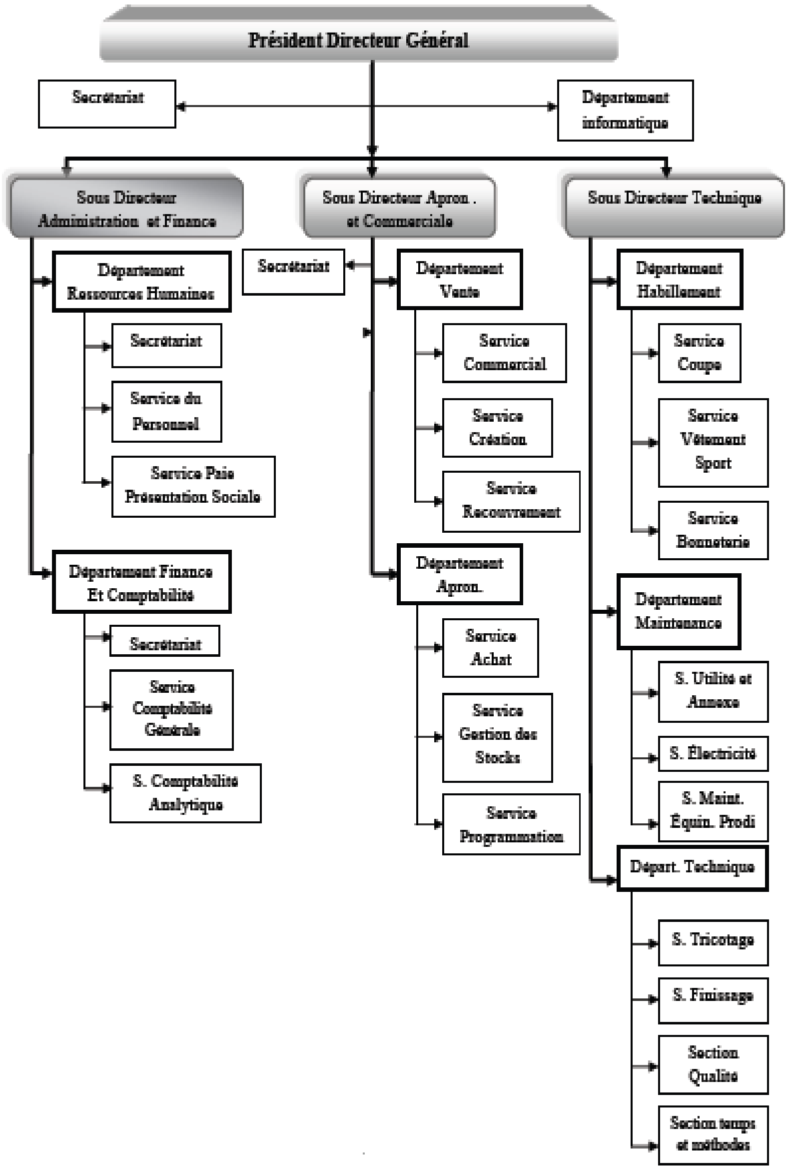

FIGURE 1.1 – L'Organigramme de l'EATIT

1.8 Le processus de production

Le principe de production du produit fini (tissu) consiste en trois grandes étapes, passant par la transformation du fil (matière première) à l'intérieur de l'atelier intitulé " Atelier Tricotage " en produit semi fini, à savoir, cinq (05) sortes de tissus semi fini produits par cinq lignes travaillant en parallèle, chacune étant composée d'un certain nombre de machines lesquelles travaillent aussi en parallèle.

La deuxième étape consiste en le stockage de l'ensemble des produits semi finis (tissus semi finis) dans l' entrepôt de stockage .

Et enfin, comme troisième étape les tissus semi-finis sont passés par les procédés de finissage à l'intérieur de l'atelier finissage pour être livrés enfin au client.

1.9 Analyse des systèmes étudies

1.9.1 Description du système étudie

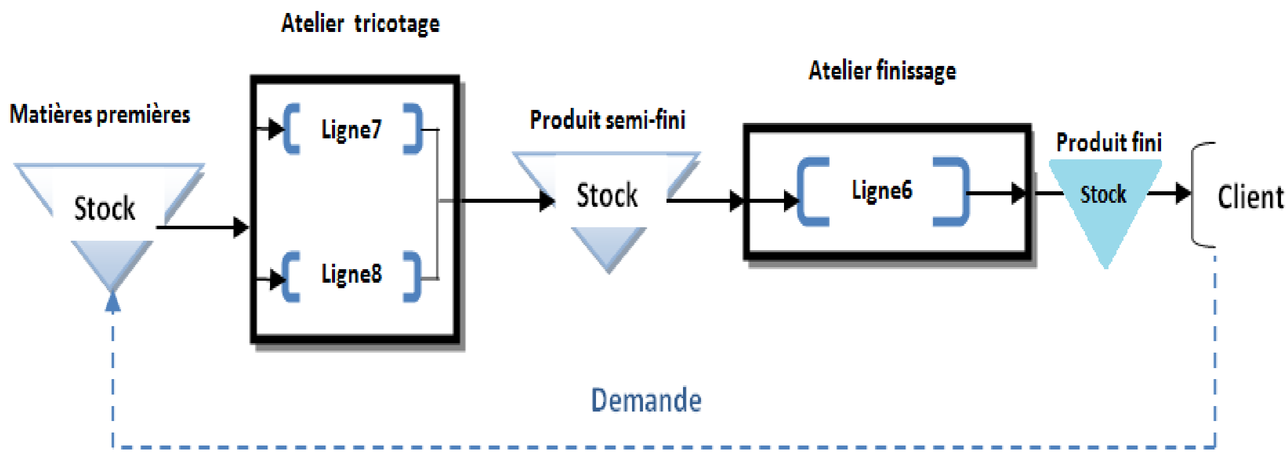

FIGURE 1.2 – Decription du système avec les anciennes machines

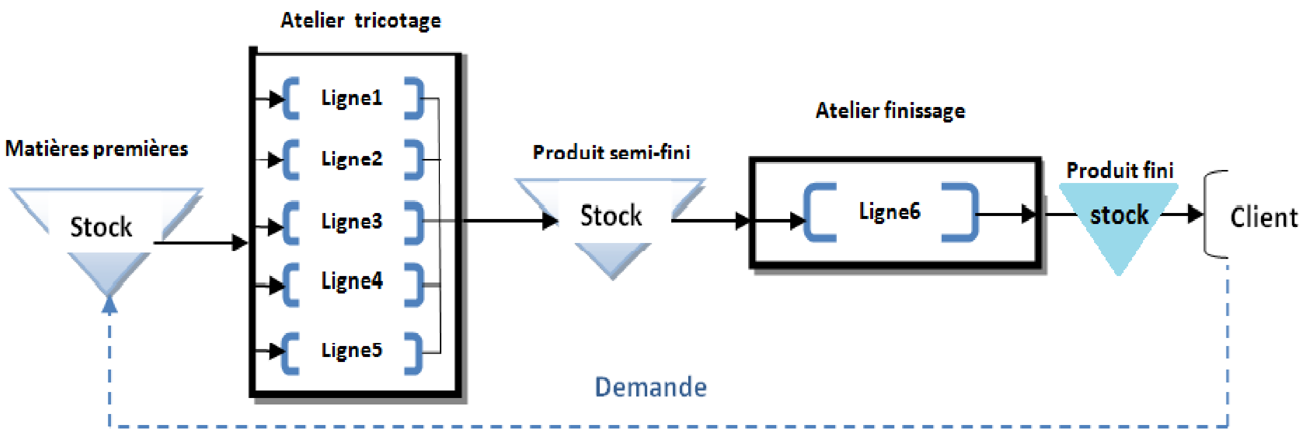

FIGURE 1.3 – Decription du système avec les nouvelles machines

Les Figures 1.2 et 1.3 représentent une vue générale du système étudié. Les agents auxquels va s'intéresser notre étude seront : les lignes de production et la demande du produit fini.

1.9.2 Les différents produits

La gamme de produits de l'entreprise est très variée. Dans notre étude, on prendra en considération cette variété et comptera tous les produits (tricot interlock 1/40, tricot interlock 1/60, tricot jersey1/40, tricot jersey 1/60 et tricot bord cote).

1.9.3 La demande du produit fini

L'entreprise EATIT assure mensuellement les livraison d'une commande fixé selon le cahier des charge établi en accord avec l'institution militaire.

1.9.4 Les lignes de production

La transformation du fil au tissus semi fini se fait à l'intérieur de l'atelier tricotage lequel abrite (05) ligne de production pour le nouvel atelier et (02) ligne de production pour l'ancien atelier, chacune produisent un tissu spécifique :

Linge 1 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot interlock (1/40)". Elle est dotée de 9 machines (nouvelles) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $137.58kg$ en régime de $8h/j$

Linge 2 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot interlock (1/60)". Elle est dotée de 11 machines (nouvelles) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $137.58kg$ en régime de $8h/j$

Linge 3 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot jersey (1/40)". Elle est dotée de 2 machines (nouvelles) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $129.20kg$ en régime de $8h/j$

Linge 4 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot jersey (1/60)". Elle est dotée de 2 machines (nouvelles) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $86.60kg$ en régime de $8h/j$

Linge 5 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot bord cote". Elle est dotée de 3 machines (nouvelles) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $60.90kg$ en régime de $8h/j$

Linge 7 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot interlock (1/40) et (1/60)". Elle est dotée de 6 machines (anciennes) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $60.90kg$ (resp $48kg$) en régime de $8h/j$

Linge 8 : Celle-ci produit le tissus appelé "tricot jersey (1/40) et (1/60)". Elle est dotée de 3 machines (anciennes) identiques, dont chaque machine ayant la capacité $48kg$ (resp $32kg$) en régime de $8h/j$

En fin , la transformation du tissus semi fini au tissus fini se fait à l'atelier finissage lequel abrit (01) ligne de production :

Linge 6 : Celle ci est dotée de (02) bark blanchiment et tienture, d'une (01) essoreuse, d'un (01) séchoir, d'une (01) calendre sonsoriseuse.
Les machines enumérées sont montées en série

1.10 Position du problème

EATIT (ex ECOTAL) est une entreprise économique de secteur textile. Récemment, EATIT n'avait comme unique client que l'institution militaire. Sauf que l'entreprise ayant contracté de nouvelles machines de pointe. Et l'on s'est imposé de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que avec les ressources (machine et humain) actuels, de nouvelles portes (opportunités) sur d'autres marchés seront ouvertes à l'EATIT ?
- Est-ce que l'entreprise peut améliorer les quantités de production ?

Ces quantités doivent donc respecter certaines contraintes exigées -d'une part- par le système physique étudie : contraintes de capacité de production. D'autre part, un certain niveau de la demande du produit fini doit être satisfait. Ces quantités doivent réaliser un coût global minimal, résumé aux coûts de production et coûts de stockage.

Pour réalisé cette étude, on a suivit ces étapes :

- Formulation et modélisation mathématique du problème avec les anciennes machines.
- Formulation et modélisation mathématique du problème avec les nouvelles machines.
- Résolution des deux problèmes, détermination du plan de production, comparaison des résultats et interprétation des résultats.

1.11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes structures de l'EATIT, ainsi que la position du problème. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter quelques éléments théoriques concernant l'optimisation combinatoire.

2

Généralités sur optimisation combinatoire

La Recherche Opérationnelle est souvent réduite par les personnes extérieures à cette discipline à ses aspects mathématiques. Pourtant, et dès l'origine, elle vise essentiellement à la résolution des problèmes pratiques qui sont des défis au sens commun. Elle peut modéliser et simplifier un problème réel sous un modèle mathématique, et pour résoudre ce dérnier on utilise des techniques de résolution de l'optimisation combinatoire.

2.1 Optimisation combinatoire

L'optimisation combinatoire est une branche d'optimisation en mathématiques appliquées et en informatique. Un problème d'optimisation combinatoire apparait chaque fois qu'il s'agit de trouver une solution optimale parmi les solutions réalisables d'une application.
Autrement dit, c'est à minimiser ou à maximiser une fonction, avec ou sans contraintes, sur un ensemble fini de possibilités.

2.1.1 Définition

Etant donnés :

– Un ensemble fini $\boldsymbol{N}$
– une application f :P$\rightarrow$ R dite fonction objectif, et

– un ensemble $\boldsymbol{P}$ de sous-ensemble de $\boldsymbol{N}$, dont les éléments sont appelés les solutions réalisables.
Un problème d'optimisation combinatoire consiste à déterminer :

$$\max_{S \subseteq \mathbf{N}} \{f(S) : S \in \boldsymbol{P}\} \tag{2.1}$$

Remarque : La définition reste valable dans le cas de minimisation car :

$$\min_{S \in P} f(S) = -\max_{S \in P} f(S). \tag{2.2}$$

Nous présentons rapidement quelques problèmes classiques d'optimisation combinatoire :

– Le problème du plus cours chemin
– Le problème de transport.
– Le problème du sac à dos.
– Le problème du voyageur en commerce.

2.2 Quelques problèmes d'optimisation combinatoire [8]

2.2.1 Le problème du plus court chemin

Soit un graphe G=(X,V), où X est l'ensemble des sommets et V est l'ensemble des arcs.
On appelle le problème du plus court chemin le problème suivant :
Etant donné un graphe G, nous associons à chaque arc u un nombre $l(u) \geq 0$ que nous appellerons la longueur de l'arc u. Trouver un chemin élémentaire μ, allant d'un sommet a vers un sommet b, tel que la longueur totale :

$$l(u) = \sum_{u \in \mu} l(u)$$

Soit minimal.

2.2.2 Le problème de transport

Soit à acheminer une quantité de marchandises à partir de m origines vers n destinations. Au niveau de chaque origine i, il y a une disponibilité de a_i articles. La demande de la destination j est d_j. Le coût unitaire de l'expédition entre l'origine i et la destination j est c_{ij}. Le problème est de déterminer le plan de transport qui minimise le coût total, en tenant compte de l'offre et la demande.

1. **Les variables de décision** : Soit :
   x_{ij} : La quantité à expédier de l'origine i, $i = 1, ..., m$, vers la destination j, $j = 1, ..., n$.
2. **Les contraintes** :
   (a) *La disponibilité*

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq a_i \tag{2.3}$$

   (b) *La demande :*

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq d_j \tag{2.4}$$

3. **La fonction objectif** :

$$\min Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \tag{2.5}$$

Le modèle :

$$\min Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq a_i \quad i = \overline{1, m}\,; \\ \sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq d_j \quad j = \overline{1, n}\,; \\ x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \end{cases} \tag{2.6}$$

2.2.3 Le problème du sac à dos

On dispose de n objets et d'un sac de capacité b, où chaque objet j et muni d'une valeur p_j et d'un poids ω_j. Le problème consiste à sélectionner un sous ensemble d'objets qui maximise la valeur totale correspondante tout en n'accédant pas la capacité b du sac.

1. **Les variables de décision** :

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{Si l'objet j est sélectionné;} \\ 0 & \text{Sinon.} \end{cases} \tag{2.7}$$

2. **Les contraintes** : La contrainte de capacité

$$\sum_{j=1}^{n} \omega_j x_j \leq b \tag{2.8}$$

3. **La fonction ojectif** :

$$\max Z = \sum_{j=1}^{n} p_j x_j \tag{2.9}$$

Le modèle :

$$\max Z = \sum_{j=1}^{n} p_j x_j$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} \omega_j x_j \leq b\,; \\ x_j \in \{0,1\}, \quad j = \overline{1,n}. \end{cases} \tag{2.10}$$

2.2.4 Le problème du voyageur en commerce : PVC

Un voyageur de commerce doit visiter un ensemble de n villes, chacune une et une seule fois et revenir à sa ville de départ, sachant que les distances entre les villes i et j est c_{ij}. Il s'agit de déterminer la tournée de longeur minimum.

1. **Les variables de décision** :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si la ville j suit immédiatement la ville i dans le parcours;} \\ 0 & \text{Sinon.} \end{cases} \tag{2.11}$$

2. **Les contraintes** :
   (a)Le nombre de ville que le voyageur visite après la ville i est 1.

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1,n} \tag{2.12}$$

(b)Le nombre de ville que le voyageur visite avant la ville j est 1.

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1,n} \tag{2.13}$$

(c) La contrainte de sous tournée : Soit U un sous ensemble de ville.

$$\sum_{i \in U} \sum_{i \in \bar{U}} x_{ij} \geq 1, \quad 1 \leq |U| \leq n-1 \tag{2.14}$$

3. **La fonction objectif** :

$$\min Z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \tag{2.15}$$

Le modèle :

$$\min Z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1,n}\,; \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1,n}\,; \\ \sum_{i \in U} \sum_{i \in \bar{U}} x_{ij} \geq 1, \quad 1 \leq |U| \leq n-1\,; \\ x_{ij} \in 0;1, \quad j = \overline{1,n}, j = \overline{1,n}. \end{cases} \tag{2.16}$$

2.3 Les outils de modélisation des problèmes d'optimisation combinatoire

Pour résoudre un problème d'optimisation combinatoire, il faut tout d'abord le modéliser en utilisant des moyens de modélisation, par exemple :

- **La théorie des graphes :** Les graphes s'introduisent de manière très naturelle comme support de modélisation, car ils permettent d'expliciter des relations de structure des problèmes d'optimisation combinatoire.
  Des points et des flèches, ce sont les ingrédients d'une théorie qui est née en 1736 avec la communication d'Euler (1707-1783) dans laquelle il proposait une solution au célébre problème des sept ponts de Königsberg. Cette théorie est nommée la théorie des graphes. Euler avait la curiosité de traverser les sept ponts de la ville de Königsberg une fois et une suele et à revenir à son point de départ. Euler représenta cette situation à l'aide d'un dessin où les sommets représent les terres et les arêtes représentent les ponts. Le problème des ponts de Königsberg est indentique à celui consistant à tracer une figure géométrique sans lever le crayon et sans passer plusieurs fois sur un même trait.
- **La programmation linéaire :**La programmation linéaire est une technique de modélisation et d'optimisation utilisé de nos jours dans beaucoup de domaine et divers d'applications. Un problème de programmation linéaire est appartient à la classe p (problème facile). Elle est le domaine qui a au le plus de succés en optimisation. Depuis sa formulation de 1930 à 1940, et le développement de la méthode de simlexe par dantzing en 1940, des chercheurs dans différents domaines : économie, finance, ingénierie, ect..., ont été amené à formuler et à résoudre des problèmes linéaires, même quand le problème était non linéaire, il était modélisé sous forme linéaire, car les modèles non linéaires nécessitent des algorithmes plus élaborés et plus couteux [11]. La forme générale d'un programme linéaire (PL) s'écrit :

Formulation d'un programme linéaire

Un programme linéaire est un problème dans lequel on est amené à maximiser (ou minimiser) une application linéaire, appellée fonction objectif ou fonction économique, sur un ensemble d'équations et/ou d'inéquations linéaires, dites contraintes [19]. Autrement dit, la programmation linéaire est une branche des mathématiques qui a pour but de résoudre des problèmes d'optimisation linéaire de type :

$$\max(ou \quad \min)[Z(x_1, ..., x_n) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j] \tag{2.17}$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ \geq \\ = \end{cases} \quad b_i, \quad i = \overline{1, m} \tag{2.18}$$

Les nombres c_j, a_{ij}, b_i sont les paramètres du modèle, ce sont des nombres connus avant la résolution (coût unitaire, capacite disponible, coefficients techniques...)
Pour $i = 1, ..., m$ et $j = 1, ..., n$, on appelle :
c_j = coefficients de la fonction objectif Z, leurs valeurs résulte de l'objectif assigné (le profit,

les coûts unitaires, marge).
a_{ij} = coefficients des contraintes, il s'agit de la quantité de ressource i requise pour chaque unité de variable x_j.
b_i = membres de droites des contraintes , il s'agit de la quantité totale des ressources disponibles.
Dans la plus part des cas, les variables x_j,$j = \overline{1,n}$ sont astreintes à être non négatives ; il est d'usage de noter ces contraintes séparément. Pour un problème de maximisation le problème s'écrit sous la forme suivante :

$$\begin{cases} \max Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \,; \\ \text{s.c} \quad \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_j, i = 1, ..., m \,; \\ x_j \geq 0, j = 1, ..., n. \end{cases} \tag{2.19}$$

L'écriture matricielle de ce problème est donnée par :

$$\begin{cases} \max Z = CX \\ s.c \quad AX \leq b \\ X \geq 0 \end{cases} \tag{2.20}$$

Où :
$X = (x_1, ..., x_n)^t \in \Re^n$ sont les variables à déterminer,
$C = (c_1, ..., c_n) \in \Re^n$ sont les coefficients de la fonction objectif Z,
A est une matrice $(m \times n)$ fournie par les coefficients des contraintes,
$b = (b_1, ..., b_n)^t \in \Re^n$ représente les constantes des contraintes.

Méthodes de résolution des problèmes de programmation linéaire

Les problèmes typiques de programmation linéaire que nous avons présentés dans le paragraphe précédent se résolvent à l'aide des méthodes mathématiques particulières. Parmi ces méthodes on cite :

1. La méthode graphique.
2. La méthode d'énumeration.
3. La méthode su simplexe.

Quelques définitions et théorèmes[10]

Solution réalisable ou admissible : est une solution qui satisfait toutes les contraintes. C'est-à-dire une solution

$$x \in \Re^n \quad tel \quad que \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_j, , pour \quad tout \quad i = 1, ..., m \qquad x_j \geq 0 \tag{2.21}$$

Espace réalisable ou Polyèdre des contraintes :

C'est l'ensemble P des points réalisables, c'est-à-dire :

$$P = \{x \in \Re^n : \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \leq b_j, \quad pour \quad i = 1, ..., m\} \tag{2.22}$$

Géométriquement, P est un polyèdre convexe, c'est-à-dire une région définie comme l'intersection de m demi-espaces. Les sommets de ce polyèdre sont appelés solutions de base.

Solution optimale :

Est un point x^* réalisable et qui optimise Z(x) sur P, c'est-à-dire, pour un problème de maximisation, un point x^* tel que :

$$x^* \in P \quad et \quad Z(x^*) \geq Z(x) \quad pourtoutx \in P. \tag{2.23}$$

Valeur optimale :

C'est la valeur $Z(x^*$ atteinte par toute solution optimale x^*.

Théorème 1 :

L'ensemble des solutions réalisables d'un PL détermine dans l'espace des décisions est un ensemble convexe (appelé domaine réalisable)[10] qui est soit :
- Un ensemble vide.
- Un polyèdre convexe non borné.
- Un polyèdre convexe.

Théorème 2 :

S'il existe au moins une solution optimale (finie), il existe au moins une solution optimale qui est un sommet du domaine réalisable. Dans le cas ou il n'y a que deux (ou trois) variables, il est possible de représenter graphiquement l'ensemble des solutions réalisables et d'en déduire la (les) solution (s) optimale (s) (s'il existe au moins une) [10].

- **La programmation linéaire en nombres entiers :** La programmation linéaire en nombres entiers représente le domaine de la programmation mathématique le plus riche et le plus actif [8]. PLNE est un problème NP-complet (difficile). On parle de PLNE quand il s'agit à maximiser ou à minimiser une fonction objectif avec contraintes et que les solutions soient des valeurs entières. La forme générale d'un programme linéaire en nombre entièrs notée (PLNE) est la suivante :

$$(PLNE)\begin{cases} \max Z = & \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \\ & a_{ij}x_j \leq b_j \\ & x_j \in N \end{cases} \tag{2.24}$$

2.4 Classifications des problèmes

2.4.1 Selon les contraintes et l'objectif

A-Problèmes linéaires

On parle de problèmes linéaires lorsque on veut optimiser une fonction linéaire sous contraintes purement linéaires.

- **Programmation en nombres entièrs** : On appelle un programme en nombre entier un modèle comportant une fonction objectif et des contraines linéaire et de variables astreintes à ne prendre que des valeurs entières.
- **Programmation entière mixte** : Si certaines variables du modèle sont continues et d'autres en nombres entiers, on parle de programmation entière mixte.
- **Programmation en {0,1}** :Un cas particulier très fréquent de programmation en nombres entiers est celui où les variables ne peuvent prendre que les valeurs 0 ou 1 : On parle alors de Programmation en {0,1}.

B-Problèmes non-linéaires

C'est le cas général dans lequel la fonction objectif ou les contraintes (ou les deux) contiennent des parties non-linéaires.

2.4.2 Selon la complexité

La théorie de la complexité s'intéresse à l'étude formelle de la difficulté des problèmes. En effet, pour chaque problème posé, il est toujours possible de trouver une multiplicité d'algorithmes permettant de le résoudre. On se pose alors la question fondamentale de savoir quel algorithme est le plus perfermant.
Il existe de nombreuses classes de problème dans la littérature , nous ne montionnerons que les plus représentatives :

- *La classe P* : On dit qu'un problème est de classe P, s'il peut être résolu, de manière éxacte par un algorithme de complexité polynomiale.

– *La classe NP* : La classe NP ("nodeterministic polynomial time"), quant à elle regroupe les problèmes dont on peut verifier que n'importe quelle proposition est bien une solution du problème, en un temps polynomial. On peut donc facillement déduire que $P \subset NP$.
– *La classe NP-complets* : Une dernière classe de problème exite, et particulièrement importante, il s'agit des problèmes NP-complet leurs particularité est que tout problème NP peut être transformer en un problème NP-complets en un temps polynomial. Ces problèmes constituent donc le "noyau dur" des problèmes NP.

2.5 Les méthodes de résolution

Il existe plusieurs méthodes de la résolution des problèmes d'optimisation combinatoire qui peuvent être classées en deux catégories : les méthodes exactes qui donnent une solution optimal (meilleure solution) et les méthodes approchées ou on n'obtient pas la solution optimal mais une solution approchée. On va citer quelques techniques pour la résolution des problèmes d'optimisation combinatoire : les méthodes exactes et les méthodes approchées.

2.5.1 Méthodes approchées

A-Heuristiques

Une heuristique est une procédure qui exploite au mieux la structure du problème considéré, dans le but de trouver une solution de qualité raisonnable (pas forcément optimale) en un temps de calcul aussi petit que possible (polynômial). Parmi ces heuristique on cite :

– **Algorithme glouton**
Pour un problème d'optimisation, l'algorithme glouton est une méthode qui cherche à construire une solution optimale pas à pas[5], en prenant à chaque étape la solution qui semble meilleure localement, sans remettre en question les décisions déjà prises. Généralement, la solution obtenue n'est pas forcément optimal. Pour assurer que la méthode produit une solution optimale, il faut que ces deux propriétés soient vérifiées :

a. propriété de choix glouton : il existe toujours une solution optimale commençant par un choix glouton, c'est-à-dire qu'un choix optimal local peut mener à une solution optimale globale.

b.Propriété de sous-structure optimale : une solution optimale contenant le premier choix glouton se réduit à trouver une solution optimale pour un sous-ensemble de même nature.

– **Algorithme génétique**
L'algorithme génétique est un algorithme d'approximation et technique de recherche locale, il est capable de trouver une solution proche de la solution optimale. Au départ, on crée au hasard une population initiale de solutions. Cette procédure est effectuée à partir d'une fonction d'adaptation ou de sélection. Ensuite, les opérateurs de croisement et de mutation sont appliqués et une nouvelle population est crée. La mutation peut être vue comme un changement aléatoire d'une caractéristique de l'individu. Le croisement permet de créer de nouvelles chaines en échangeant de l'information entre deux chaines. Le procédé de croisement et de mutation se relance un certain nombre de fois jusqu'à un critère d'arrêt, ceci afin d'essayer de tendre vers la solution optimale. Les étapes de l'algoritme se résume dans la figure 2.1[18]

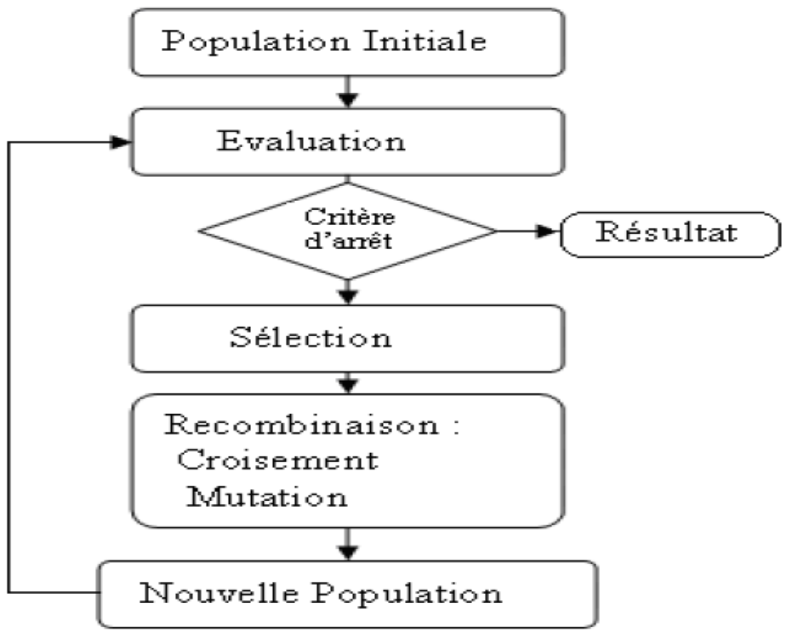

FIGURE 2.1 – L'organigramme de l'algorithme génétique

B-Métaheuristiques

Le terme métaheuristique a été invité par Fred Glover lors de la conception de la recherche tabou.
Ces méthodes sont nées aprés des mises au point poussées sur les heuristiques. Leurs but, autant que pour les heuristiques, est de réussir à trouver un optimum global. Pour cela, l'idée est à la fois de parcourir l'espace de recherche et d'explorer les zones qui paraissent

prometteuses mais sans être "piégé" par un optimum local. Théoriquement, l'utilisation des métaheuristiques n'est pas vraiment justifiée et les résultats théoriques sont plutôt mauvais. Un grand nombre de métaheuristiques existent, nous présentons quelques une dans la suite de ce chapitre, nous les avons classés par type : celles à solution unique et celles à population de solutions.

.Métaheuristique à solution unique :Nous présentons des algorithmes à solution unique tel que le recuit simulé.

– **Le Recuit Simulé**
  L'algorithme du recuit simulé permet de résoudre le problème de minimum local (plus précisément dans le cas non linéaire). En effet, une nouvelle solution de coût supérieur à la solution courante ne sera pas forcément rejetée, son acceptation sera déterminée aléatoirement en tenant compte de la différance entre les coûts ainsi que d'un autre facteur appelé temperature.
  Ce paramètre, la temperature, sert à prendre en compte le fait que le processus d'optimisation est avancé, moins on est prêt à accepter une solution plus coûteuse, ou alors, elle ne doit pas être trop coûteuse. Par contre, au début, l'acceptation de solutions fortement coûteuses permettra de mieux explorer tout l'éspace des solutions possibles et par là-même, d'accroître nos chances d'approcher le minimum global.
  Cet algorithme ne garantit pas d'atteindre le minimum global mais pour que la décroissance de la température soit très lent, on va beaucoup s'en approcher.
– **La recherche avec tabous**
  La recherche avec tabous (RT, qui est une méthode de recherche locale, a été introduite par Glover [13]). Cette méthode garde temporairement en mémoire les transformations effectuées sur la solution. Cette mémoire s'appelle la liste de tabous et son rôle est d'empêcher l'algorithme de revenir sur ses pas. La nouvelle solution est trouvée en fouillant l'ensemble du voisinage de la solution courante. Pour éviter que la liste de tabous ne devienne trop restrictive, le critère d'acceptation permet de révoquer le statut de tabou d'une transformation. Un exemple de critère d'acceptation serait de retirer de la liste de tabous une transformation qui permettrait d'obtenir une solution de qualité supérieure à la meilleure solution rencontrée.

.Métaheuristique à population de solutions :

– **La méthode par essaims particulaires** :
  L'optimisation par essaims particulaires a été dévloppée par Kennedy et al,(1995)[3], en s'inspirant du comportement social des individus qui ont tendance à imiter les comportements réussis qu'ils observent dans leur entourage tout en y apportant leur variations personnelles, ce qui offre un caractère adaptatif à la méthode. De ce fait, cette technique est fondée sur la notion de coopération entre agents qui peuvent être vus comme animaux

peu intelligents ayant peu de mémoire et de facultés de raisonnement.

2.5.2 Méthodes exactes

Algorithme du simplexe

Cette technique à été développée par DANTZING (1948). Son principe est de passer d'une solution de base réalisable à une solution de base réalisable de meilleurs valeur de la fonction objectif.

2.5.3 Formule d'accroissement

Soit le programme linéaire (PL) écrit sous sa forme standard :

$$\begin{cases} \max Z = c^t x\,; \\ Satisfaisant\,; \\ AX = b\,; \\ x \geq 0. \end{cases} \tag{2.25}$$

Avec
- I=1,...,m les indices de lignes.
- J=1,...,n les indices de colonnes.
- $x = (x_B, x_N)$ une solution de base réalisable, telles que : $x_B = (x_j), j \in J_B, x_N = (x_j), j \in J_N$.
- $A = (A_B, A_N)$ telles que : $A_B = [I, J_B], A_N = [I, J_N]$
- $C = (C_B, C_N)$ telles que : $C_B = [I, J_B], C_N = [I, J_N]$

La formule d'accroissement est donnée par :

$$\Delta Z = c\Delta x = c\overline{x} - cx = -\sum_{j \in J_N} E_j \Delta x_j \tag{2.26}$$

2.5.4 Critère d'optimalité

Soit x une solution réalisable de base associée à la base $A_B = (I, J_B)$. Quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes pour que x soit une solution optimale du problème 4.17
Théorème :

1. L'inégalité $E_N \geq 0$ est suffisante pour l'optimalité de la solution de base réalisable x.

$$\begin{cases} \text{x est une solution de base réalisable}\,; \\ E_N \geq 0. \end{cases} \tag{2.27}$$

   2.27 $\Rightarrow$ x est une solution optimale du problème 4.17

2. L'inégalité $E_N \geq 0$ est nécessaire pour l'optimalité de la solution de base réalisable x si celle ci est non dégénérée.
   Si x est une solution optimale non dégénérée, alors $E_N \geq 0$.

2.5.5 Schéma de l'algorithme du simplexe

Le point de départ de cet algorithme est l'existence d'une solution de base réalisable de départ. Soient :
$x = (x_B, x_N) = (x_B, 0)$ une solution de base réalisable et A_B^{-1} est une matrice inverse de A_B.
L'itération du simplexe est alors schématisée par les étapes suivantes :
Etape 0 : Mettre le modèle sous la forme standard :
Etape 1 : Calcul du $u^t = C_B A_B^{-1}$.
Etape 2 : Calcul du $E_j = u^t a_j - c_j$, $j \in J_N$
Etape 3 : Si $E_j \geq 0, j \in J_N \Rightarrow$ X est optimale
Sinon
Si $\exists j_0 \in J_N$ tel que $E_{j_0} < 0$ et $A_B^{-1} \leq 0$, alors le (PL) n'admet pas de solution finie.
Si le critère d'optimalitè n'est pas vérifié, alors calculer $E_{j_0} = \min E_j, j \in J_N$ tel que j_0 est l'indice de la variable qui rentre dans la base et calculer les composantes x_{jj_0} et aller à l'étape 4.
fin si.
Etape 4 : Calcul de $\theta^0 = \theta_j^1 = \min \frac{x_j}{x_{jj_0}}, x_{jj_0} > 0, j \in J_B = \frac{x_{j_1}}{x_{j_1 j_0}}$
Etape 5 : Calcul de $\overline{x}(J_B), \overline{X}(J_N)$ telles que :
$\overline{x}(J_B) = x(J_B) - \theta^0 x(J_B)$
$\overline{x}(J_N) = 0$ pour $j \in /J_N - j_0/$
$\overline{x}(J_0) = \theta^0$
Etape 6 : Poser $\overline{J}_B = J_B - j_1 \cup j_0$ et $\overline{J}_N = J_N - j_0 \cup j_1$ et calcuter A_B^{-1} et aller à l'étpe 1.
Critère d'entrée : La variable hors base x_{j_0} dont le coefficient E_{j_0}, $j \in J_n$ est le plus petit candidate pour rentrer dans la base.

$$E_{j_0} = \min E_j < 0, j_0 \in J_n$$

Critère de sortie : La variable x_j qui sort de la base doit vérifier $\frac{x_{Bj_0}}{a_{ij_0}} = \min \frac{x_{Bj}}{a_{ij_0}}, a_{ij_0} > 0$ et $a_{j_1 j_0}$ est appelé pivot.
Renouvellement du tableau :
Pour ligne pivot : $a_{j_1 j}^{k+1} = \frac{a_{j_1 j}^k}{a_{j_1 j_0}}$ tel que k : la k éme itération.
Pour les autres lignes : $a_{ij}^{k+1} = a_{ij}^k - \frac{a_{j_1 i} - a_{j_1 j}}{a_{j_1 j_0^k}}$, $i \neq j$, $j = \overline{1 - N}$

Algorithme de Branche and Bound

La technique du Branch and Bound est une méthode algorithmique classique pour résoudre un problème d'optimisation combinatoire. Il s'agit de rechercher une solution optimale dans un ensemble combinatoire de solutions possibles. Il permet de construire une arborescence en évaluant les chances de trouver une solution dans une branche particulière. La méthode repose d'abord sur la séparation (branch) de l'ensemble des solutions en sous-ensembles. L'exploration de ces solutions utilise ensuite une évaluation optimiste pour majorer (bound) les sous-ensembles. L'algorithme de Branch and Bound a prouvé qu'il est raisonnablement efficace et il a l'avantage de proposer une solution intéressante pour la programmation linéaire en nombre entière. On applique Branch and Bound à la résolution des problèmes complexes, NP-complets le plus souvent.

Algorithme de Branch and Bound pourun problème de maximisation :
Etape 0 : Etant donné un programme linéaire en nombres entiers (P)=(PLNE).
Etape 1 : Déterminer le programme linéaire relaxé (PR) associé à (P) puis le resoudre.
Etape 2 :
`Si` la solution x est entière, alors terminer, elle est optimale
`Sinon` $k = 0$, $m = 0$, et $\underline{Z}_E$ =grand négatif.
Etape 3 : Choisir une stratégie d'exploration.
Etape 4 : Soit $x_{(k,m)}$ une solution de $PR_{(k,m}$.
`Si` $x_{(k,m)}$ n'est pas réalisable , on coupe sa branche.
`Sinon` $x_{(k,m)}$ est réalisable, alors
`Si` $x_{(k,m)}$ est entier, on coupe sa branche. Si de plus $Z_{(k,m)} > \underline{Z}_E$,
on pose $Z_{(k,m)} = \underline{Z}_E$. `Sinon` $x_{(k,m)}$ n'est pas entier et $Z_{(k,m)} > \underline{Z}_E$.
Soit x_i une variable non linéaire de $x_{(k,m)}$ et $[x_i]$ sa partie entière alors : $[x_i] < x_i < [x_i] + 1$.
Séparer $(P_{(k,m)})$ en $(P_{(k+1,m)})$ et $(P_{(k+1,m+1)})$ tels que :

$$(P_{(k+1,m)}) \begin{cases} (P_{(k,m)})\,; \\ x_i \leq [x_i]. \end{cases} \tag{2.28}$$

$$(P_{(k+1,m+1)}) \begin{cases} (P_{(k,m)})\,; \\ x_i \geq [x_i] + 1. \end{cases} \tag{2.29}$$

Etape 5 : L'algorithme s'arrete lorsque toutes les branches sont coupées.

2.5.6 Les mèthodes de coupes

Les mèthodes de coupes ont permis de résoudre des problèmes particuliers de type partitionnement ou recouvrement. Leurs principe consiste à ajouter des contraintes linéaires, appellées coupes, n'excluant aucun point entier admissible une par une jusqu'à ce que la solution optimale de la relaxation soit entière.

- **Les coupes de Gomory :** Gomory a développé une technique qui permet d'identifier automatiquement des inégalités valides violées, appelées coupes de Gomory. La technique de Gomory se résume comme suit : Considérons le dérnier tableau du simplexe d'un programme linéaire donné et x_k^* une variable de base non entière. la k^{me} ligne du tableau du simplexe associé à cette vriable est :

$$x_k + \sum_{j \in HB} a_{kj} x_j = x_k^* \tag{2.30}$$

Où HB est l'ensemble des indices hors base.
où :

$$x_k^* = \underbrace{[x_k^*]} + \underbrace{.f_k} \qquad 0 < f_k < 1. \tag{2.31}$$

$[x_k^*]$: Partie entière, $.f_k$: Partie fractionnaire.

$$a_{kj}^* = \underbrace{[a_{kj}^*]} + \underbrace{.f_{kj}} \qquad 0 < f_{kj} < 1. \tag{2.32}$$

$[a_{kj}^*]$: Partie entière, $.f_{kj}$: Partie fractionnaire.
L'equation 2.30 peut réécrire de la manière suivante :

$$x_k + \sum_{j \in HB} [a_{kj}] x_j + \sum_{j \in HB} [f_{kj}] x_j = [x_k^*] + f_k. \tag{2.33}$$

Qui est équivalent à :

$$x_k + \sum_{j \in HB} [a_{kj}] x_j - [x_k^*] = - \sum_{j \in HB} [f_{kj}] x_j + f_k. \tag{2.34}$$

Comma le membre gauche de l'equation 2.34 est entier, il s'ensuit que nécessairement la membre droit doit être entier :

$$- \sum_{j \in HB} [f_{kj}] x_j + f_k \leq f_k < 1 \Rightarrow - \sum_{j \in HB} [f_{kj}] x_j \leq 0. \tag{2.35}$$

L'inégalité :

$$- \sum_{j \in HB} [f_{kj}] x_j \leq 0. \tag{2.36}$$

s'appelle *coupe de Gomory*.

- **Algorithme de Gomory :**
Etape 1 : Etant donné un (PLNE).
Etape 2 : On relaxe les contraintes d'intégrité, on obtient la programme linéaire relaxé (PR) associé. On résout (PR).

Etape 3 : Tester :

`Si` la solution optimale ne contient que des valeurs entières, alors elle est aussi une solution optimale au (PLNE).

`Sinon` la solution optimale obtenue contient au mois une variable de base non entiere. Choisir celle qui contient la partie fractionnaire la plus élevée.

(a) Générer une contrainte dite coupe de Gomory.

(b) Rajouter cette contrainte au tableau optimal du (PR) et déterminer le nouveau tableau optimal et retourner à l'étape 3.

Programmation dynamique

Définition :

La programmation dynamique est une méthode algorithmique pour résoudre des problèmes optimisation combinatiore (programmation non linéaire) [23], dont les modèles mathématiques décrivent des processus dynamiques dépendant du temps.
La programmation dynamique consiste à résoudre un problème en le décomposant en sous-problèmes, puis résoudre les sous-problèmes des plus petit aux plus grands en stockant des résultats intérmédiaires.[23]
Le but de cette mèthode est de minimiser un coût (ou maximiser un profit), associé à la suite de décisions retenues et à leurs conséquences.
Le Plus souvent, décisions fortement dépendantes les unes des autres $\Rightarrow$ une décision à un moment donné doit :

- Privilégier une baisse du coût global.
- Anticiper les dangers de coûts futurs élevés engendrés par l'orientation qu'elle fait prendre au problème[4].

Le développement d'un algorithme de programmation dynamique peut être découper en quatre étapes :
- Caracteriser la structure d'une solution optimale.
- Définir (souvent de manière récurcive) la valeur de la solution optimale
- Calculer la valeur d'une solution optimale de manière ascendante.
- Construire une solution optimale à partire des informations calculées.

2.5.7 Applications algoritmiques

- Le problème d'allocation des ressources.
- Le problème du plus court chemin (algorithme de Bellman Ford).
- Le problème du sac à dos.

2.5.8 Le problème d'allocation des ressources[6]

On suppose qu'on le posséde un capitale financier évaluer à d dinars et qu'on le veut investir dans n projets différents, l'affection d'une somme x_i à un projet n° i peut ramenet $f_i(x_i)$ dinars de profit.
La modélisation de ce problème d'investissemment est simple et se formule ainsi :

$$F(x) = \sum_{i=1}^{n} f_i(x_i) \longrightarrow max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + ... + x_n = d, \quad x_i \geq 0, i = \overline{1, n}\,; \\ x = (x_1, x_2, ..., x_n) \in \Re^n\,; \\ F : \Re^n \to \Re. \end{cases} \tag{2.37}$$

2.6 Conclution

Dans ce chapitre, nous avons donné une définition des problèmes d'optimisation combinatoire, et de les classifier et d'énumérer quelques méthodes de résolution : les méthodes exactes et les méthodes approchées. D'abord, nous avons présenté quelques méthodes approchée, d'abord les heuristiques avec un exemple sur algorithme glouton et l'algorithme génétique, ensuite les métaheuristiques . Dans une deuxième étape, nous avons présenté les méthodes exactes, et quelques notions de base sur la programmation linéaire.

3
Systèmes de production

Introduction

La gestion de la production est l'ensemble des activités qui sert à assurer l'organisation du système de production afin de fabriquer les produits en quantités et temps voulus compte tenu des moyens (humains ou technologiques) disponibles.

3.1 Systèmes de production

Un système de production est une organisation de personnes, machines, outils et d'autres composants, qui servent à transformer des matières premières en produits finis, destinés à la consommation de clients finaux. La transformation d'un produit peut nécessiter une ou plusieurs opérations à réaliser sur une ou plusieurs machines ou stations de travail.

Si les produits finis sont fabriqués juste à partir de la matières premières, mais ne requièrent pas l'assemblage ou l'intégration des composants, il s'agit d'un système mono-niveau. Si la fabrication des produits finis requiert l'inclusion d'autres produits (composants), le processus correspond à un système multi-niveaux. La différence entre ces deux types de systèmes est que dans le cas multi-niveaux, il existe une nomenclature ou liste BOM (Bill Of Materials) qui définit les besoins de production ou de demandes internes, entre tous les produits (composants et produits finis) faisant partie du processus de fabrication , tandis que dans les

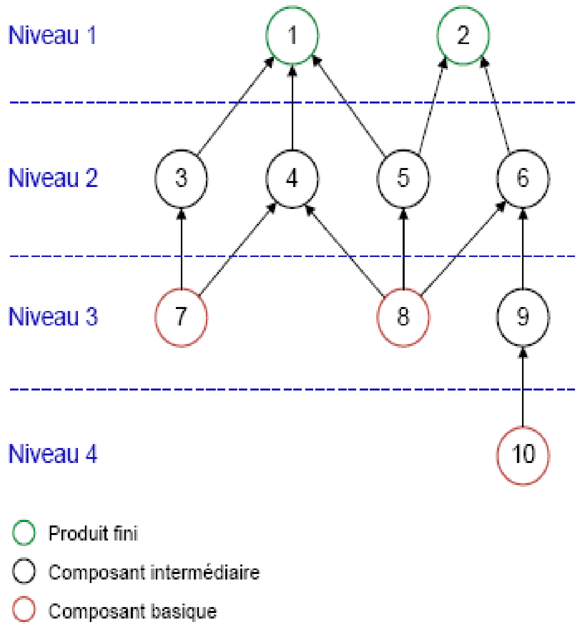

FIGURE 3.1 – Exemple de nomenclature à plusieurs niveaux

systèmes mono-niveau, chaque produit a une demande externe, mais il n'y a pas de demandes internes entre les produits. Le nombre de niveaux fait référence au plus grand nombre de liens de dépendance entre un composant basique (produit sans composants) et un produit fini, en passant par tous les composants intermédiaires. Un exemple de nomenclature à plusieurs niveaux est présenté dans la Figure 3.1. Dans les systèmes mono-niveau, on parle souvent de nomenclature à un niveau.

Dans la gestion d'un système de production, le but est de satisfaire la demande client au moindre coût possible. Pour ce faire, plusieurs politiques de production peuvent être implémentées, à savoir [16] :

1. **La production à la demande :** Consiste à ne déclencher la fabrication d'un article que lorsque la demande des clients est confirmée, ce qui permet de réduire les inventaires de produits semi-finis et de produits finis. Cette politique permet donc de diminuer les coûts de stockage. Pour plus de détails sur ce mode de production, le lecteur peut consulter [17].
2. **La production sur stock :** Est basée sur les prévisions de la demande, et consiste à démarrer le processus de fabrication avant d'avoir une demande confirmée. Ceci permet de réduire les délais de livraison (intervalle de temps entre la commande client et la livraison du produit) et les coûts de production.
3. **L'assemblage à la demande :** Consiste à construire un stock de produits semi-finis, en attendant l'arrivée de la demande. Une fois que la demande est confirmée, les produits sont assemblés et livrés aux consommateurs. C'est donc une stratégie qui combine les deux poli-

tiques précédentes : production sur stock pour obtenir des produits semi-finis et production à la demande pour réaliser l'assemblage final.

4. **La conception à la demande :** Une fois que la demande arrive, l'entreprise et le client conçoivent ensemble le produit, ce qui fait que chaque article fabriqué est unique. Une fois le produit conçu, la matière première est commandée, et une fois l'approvisionnement réalisé, la production et la distribution sont successivement enchaînées. À travers cette politique, il n'y a pas d'inventaires, mais il est difficile d'estimer les temps de production et les besoins en ressources. Par conséquent, il est compliqué de maîtriser la capacité du système et de respecter les délais d'obtention. Le système adoptant cette stratégie doit être flexible.

Dans un système de production, plusieurs politiques de production peuvent être implémentées. Cela dépend de la nature des produits, des contraintes du système de production, du comportement de la demande, des coûts de production et de stockage et des durées opératoires. Ainsi, dans un même atelier, certains produits peuvent suivre une politique de production sur stock, d'autres une production à la demande, et d'autres une combinaison de plusieurs politiques [16].

En gestion de stocks, il est commun d'utiliser les termes flux poussé et flux tiré, pour faire référence à la circulation de matières (en tant que matières premières, produits semi-finis et produits finis) dans les modes de production sur stock et de production à la demande, respectivement. Ainsi, dans un système à flux poussé, la matière est " poussée " tout au long du processus de fabrication étape par étape (une fois qu'une opération est terminée, l'opération suivante est déclenchée). D'autre part, dans un système à flux tiré, la demande client génère un besoin de produit fini, qui à la fois génère une demande de composants (chaque composant pouvant demander aussi d'autres composants), pour au final générer une demande de matière première. Une fois que la demande de matière première arrive chez le fournisseur, le flux de matières est déclenché.

Un autre terme utilisé, lié au type de production juste à temps [16], est celui de flux tendu, qui consiste à générer le minimum de stock possible dans toutes les étapes de production. Il correspond souvent à un système suivant un flux tiré avec des lignes de production équilibrées.

3.2 Type de systèmes de production :

Les systèmes de production sont classés en deux grands groupes : les systèmes à flux continus et les systèmes à flux discrets ou intermittents [20], comme détaillé sur la Figure 3.2.

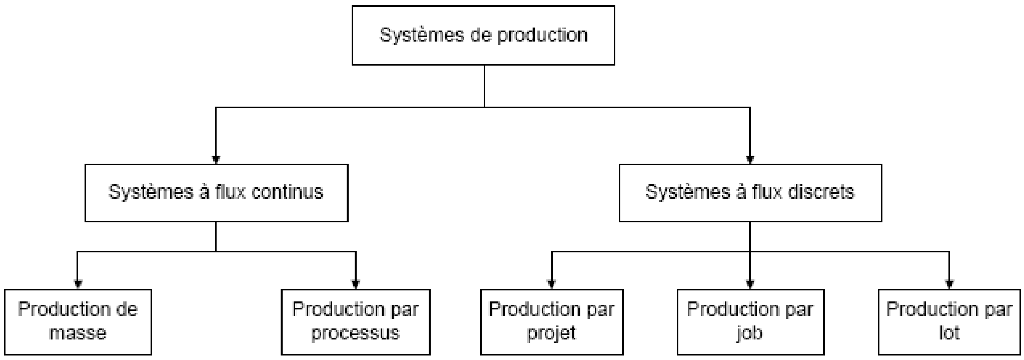

FIGURE 3.2 – Types de systèmes de production

3.2.1 Systèmes à flux continus

Dans les systèmes de production à flux continus, les produits sont standardisés et circulent sans interruption tout au long de la ligne de production, le volume de production est normalement élevé, le taux de production est ajusté selon la prévision de la demande et le séquencement et l'ordonnancement sont standardisés (inchangeables). Les produits finis sont stockés dans des entrepôts, en attendant l'arrivée progressive de la demande. La politique de production suivie est celle de production sur stock.

Les systèmes à flux continus peuvent être classés en : systèmes de production de masse et systèmes de production par processus.

Production de masse

La production de masse est caractérisée par un gros volume de production, où des produits standard passent par différentes étapes ou opérations de manière continue. L'ordre de passage des produits sur les stations de travail est toujours le même et il n'y a quasiment pas de temps d'attente, ce qui fait que l'inventaire de produits semi-finis est faible. Ce système est généralement composé des lignes d'assemblage et il est dans la plupart des cas complètement automatisé. Seules des opérations mineures sont effectuées par des opérateurs. Parmi les systèmes de production de masse, nous trouvons l'assemblage final d'automobiles, la production d'aliments et de boissons, d'essence, de médicaments et d'autres produits chimiques, etc.

Production par processus

La production par processus implique la transformation de composants en produits finis, à travers des réactions et des traitements irréversibles, qui suivent des recettes ou des formules spécifiques. En tenant compte que le système est dédié à la fabrication d'un produit en particulier, l'affectation des opérations aux ressources est fixe et le système reste très peu flexible. L'inventaire de produits semi-finis est presque inexistant (contrairement à celui de produits finis) et il y a très peu d'intervention humaine (les ressources sont majoritairement des machines). C'est particulièrement le cas de l'industrie pharmaceutique, de l'industrie du papier, de l'élaboration de boissons, de la fonderie, du raffinage du pétrole, de la production de gaz naturel, des centrales électriques, de la production de fibres synthétiques, etc.

3.2.2 Systèmes à flux discrets

Les systèmes de production à flux discrets sont caractérisés par un flux de matières interrompu à volume moyen ou faible, où les produits sont différentiables. L'affectation des produits aux ressources varie selon les spécifications des produits (demande client) et selon la disponibilité des ressources (temps de production différents). Ils peuvent être classés en : production par projet, production par job et production par lot.

Production par projet

Le mode de production par projet est caractérisé par un flux à bas volume et un système flexible. La demande est imprévisible et les spécifications demandées sont rarement répétitives, ce qui fait que les produits sont uniques. Normalement, dans le processus de fabrication, le produit reste dans un seul endroit, et ce sont les ressources qui se déplacent. Une fois que le produit est terminé, les ressources sont démontées, vu que la probabilité d'utiliser les mêmes ressources et dans la même disposition est presque nulle. La gestion de délais est une problématique majeure dans ces systèmes, surtout lorsque plusieurs projets sont abordés en même temps. La politique de production suivie est celle de conception à la demande.

Les systèmes de production par projet sont particulièrement présents dans le domaine de la construction. À titre d'exemple, nous pouvons mentionner la construction de bâtiments, de ponts et de navires.

Production par job

La production par job est caractérisée par un volume limité de production (à l'unité ou par lots de petite taille). Les produits sont fabriqués selon les spécifications du client, donc la production n'est pas standard mais le système est normalement flexible (l'organisation de l'atelier peut être adaptée pour traiter des commandes client différentes). Une seule commande est traitée à la fois, l'inventaire de produits semi-finis est important et les coûts de production sont élevés. Par contre, les ressources sont flexibles. La politique de production peut être conception à la demande ou production à la demande.

Ce type de production est présenté dans les processus de confection, de réparation des équipements, de peinture et décoration, etc.

Production par lot

La production par lot est le processus où les produits similaires sont fabriqués par groupes, et pas unitairement. Les produits d'un lot suivant un ensemble de processus de fabrication étape par étape. Ce mode de production permet de réduire les coûts unitaires et d'augmenter les niveaux de productivité. Cependant, les temps de lancement de la production entre lots peuvent être importants, et il faut gérer des niveaux non-négligeables d'inventaire de matières premières et de produits semi-finis. Plusieurs politiques de production peuvent être combinées, à savoir :
la production sur stock, l'assemblage à la demande et la production à la demande. Le choix dépend de la variabilité de la demande. Si la demande est connue à l'avance, une production à la demande sera la stratégie à suivre. Si la demande est incertaine, il faudra construire du stock, soit de matières premières (et/ou des composants) avec une politique d'assemblage à la demande, soit de produits finis avec une politique de production sur stock.

La production par lot amène à un problème de dimensionnement de lots, qui consiste à choisir la taille des lots de produits dans chaque période de l'horizon de planification (plusieurs jours, semaines ou mois), pour satisfaire la demande client. Dans un tel problème, l'objectif est de minimiser la somme des coûts de fabrication, de stockage et de lancement de la production, entre autres. La fonction objectif peut être réduite à la somme des coûts de lancement de la production et de stockage si le coût de fabrication est considéré constant quand toute la demande est satisfaite, sans rupture de stock.

La production par lot est largement utilisée dans des secteurs économiques divers. À titre d'exemple, nous pouvons citer la production de pain, de médicaments, de peintures, d'appareils électroniques, de fourniture, etc.

3.3 - La production de service

Les spécificités de la production de service

– Les services ont un processus de production différent des biens. Immatériels, les services ne sont pas stockables.
– Ils sont consommés dès leur production.
– Le client peut participer à la production du service.

Le front office et le back office

La production de service se décompose en deux types d'opérations :
- le front office, qui est la partie directement en contact avec le client (ex : guichet, comptoir, ...)
- le back office, qui la partie où le service est préparé et où les salariés travaillent en dehors de la présence du client (ex : cuisine, atelier, ...).

3.4 Le choix d'un système de production

3.4.1 Les critères de choix

L'organisation doit opter pour le système de production qui lui permettra d'optimiser les délais de fabrication et la qualité du produit, tout en minimisant les coûts. Elle doit prendre en compte les contraintes qui lui sont propres (qualification de la main-œuvre, nature des équipements, capacité financière, ...) et celles qui sont liées à son environnement (coût des matières premières, délais d'approvisionnement, évolution technologique, ...). Le choix d'un système de production n'est pas immuable. Il peut être remis en cause.

3.4.2 Sous-traitance

L'organisation peut déléguer tout ou partie de sa production à d'autres organisations, appelées sous-traitants. Ce choix est fait lorsque le donneur d'ordres ne peut pas ou plus assurer une partie de ses activités car :
- Il n'a pas la maîtrise technologique suffisante ;
- Il n'a pas la capacité de production nécessaire pour répondre à la demande ;
- Il a un coût de production trop élevé.

Le recours à la sous-traitance peut être ponctuel ou régulier.
L'organisation a intérêt à garder, pour chaque domaine, plusieurs sous-traitants de manière à pouvoir maintenir une certaine concurrence entre eux.

3.4.3 Fabrication à la commande

Repose sur l'existence d'une logique -sinon d'un lien direct entre l'ordonnateur (le client) et l'exécution.

3.5 La logistique

La logistique couvre l'ensemble des flux, en incluant les processus d'approvisionnement, de la gestion de production, de distribution et vise l'optimisation du service aux clients et des ressources.

3.5.1 L'amont

L'approvisionnement

L'approvisionnement concerne l'achat et l'acheminement des biens ou services nécessaires au fonctionnement de l'organisation. Son coût doit être minimisé, tout en gardant ou en améliorant le niveau de qualité. Les flux d'approvisionnement doivent être suffisamment fiables pour limiter au maximum les risques de rupture de stock.

Le stockage

Le stockage permet de pallier les risques de rupture de la production du fait du manque de matières premières ou de fournitures. Il peut aussi permettre de bénéficier de réductions du fait d'achats en quantité, du fait de promotions, d'anticiper des hausses de prix, ...
Le stockage a un coût : coût des produits (matières premières, fournitures, main d'œuvre, ... nécessaires à la production des biens), coût de l'entreposage (frais de fonctionnement de l'entrepôt, assurance, main d'œuvre, ...), coût du vieillissement des produits (produits avec une date limite de vente, produits à forte obsolescence technologique, produits de mode, ...). Les organisations optent de plus en plus pour une production en juste-à-temps, qui réduit au maximum le volume des stocks et donc leur coûts.

3.5.2 L'aval

La distribution

Le développement des technologies de l'information et de la communication permet maintenant de traiter les commandes en temps réel. Le client peut maintenant connaître les disponibilités des articles qu'il souhaite commander et les délais de livraison.

Le service après vente

Outre la garantie légale contre les vices cachés, les organisations peuvent proposer la possibilité d'échanger les articles, de les rembourser, de les réparer (hors période de garantie) et de fournir les pièces détachées nécessaires.

Les services connexes

Pour se différencier, l'organisation peut être amenée à proposer un certain nombre de services connexes : mise à disposition d'un parking client, démonstration de ses produits, installation des produits et formation à leur utilisation, possibilités de financement, service de maintenance,etc. Ces services associés fournissent à l'organisation des avantages concurrentiels.

3.6 Modélisation du système de production

Le rôle de la modélisation est d' exprimer le problème réel sous forme d'un problème mathématique. Le processus de modélisation préconise la construction des modèles de connaissances et d'action, et il est composé de quatre étapes : la première étape consiste à construire le modèle de connaissance, la deuxième à élaborer le modèle d'action, la troisième à exploiter le modèle ainsi réalisé et la dernière étape consiste à prendre des décision et à agir sur le système.[9]

- La première étape (aussi appelée " phases d'analyse et de spécification du système ") consiste à construire le modèle de connaissance. Ce modèle contient la description des entités du système et de leur interaction. Par contre, il ne doit contenir aucun élément de la solution qui sera éventuellement mise en œuvre pour résoudre le problème.
- Dans la deuxième étape, on élabore le modèle d'action à partir du modèle de connaissances. Le modèle d'action est le modèle que l'on souhaite mettre en œuvre pour résoudre le problème. Il décrit donc, dans le formalisme choisi, la partie modélisée du système ainsi que la démarche de résolution. On élabore le modèle d'action relativement à la connaissance acquise dans la modèle de connaissances.
- L'étape trois consiste en l'exploitation du modèle d'action. Elle contient donc les éventuels réglages des méthodes proposées ainsi que l'exploitation et la synthèse des résultats. C'est grâce au modèle de résultats que l'on peut décrire les différents résultats obtenus et la manière dont ils sont synthétisés.
- La quatrième et dernière étape contient la prise de décisions et les éventuelles actions sur le système.

Le choix d'un outil à utiliser pour modéliser un système se fait en fonction du type et des caractéristiques de ce dernier (déterministe, stochastique, discret. . .) d'une part et des moyens de modélisation qu'offre l'outil d'autre part, et parmi ces outils de modélisation, on cite :

- La théorie des graphes.
- La programmation linéaire.
- La programmation linéaire en nombres entiers.

3.6.1 Méthodes de résolution

Pour la résolution de ces modèles, on propose :

- Les méthodes exactes :Branche and Bound.
- Les méthodes approchées :
  - Heuristiques :Algorithme glouton.
  - Métaheuristiques : Le Recuit Simulé, La méthode par essaims particulaires.

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre, on vu qu'ils existent plusieurs types de systèmes de production, selon le flux et le type de production (biens ou services), et les étape de processus de modélisationde ce système et les divers choix des outils de modélisation et des méthodes de résolution, dont le but d'analyser et organiser ce système pour satisfaire la demande.

4

Modélisation et résolution du problème

Analyse des sysèmes étudies

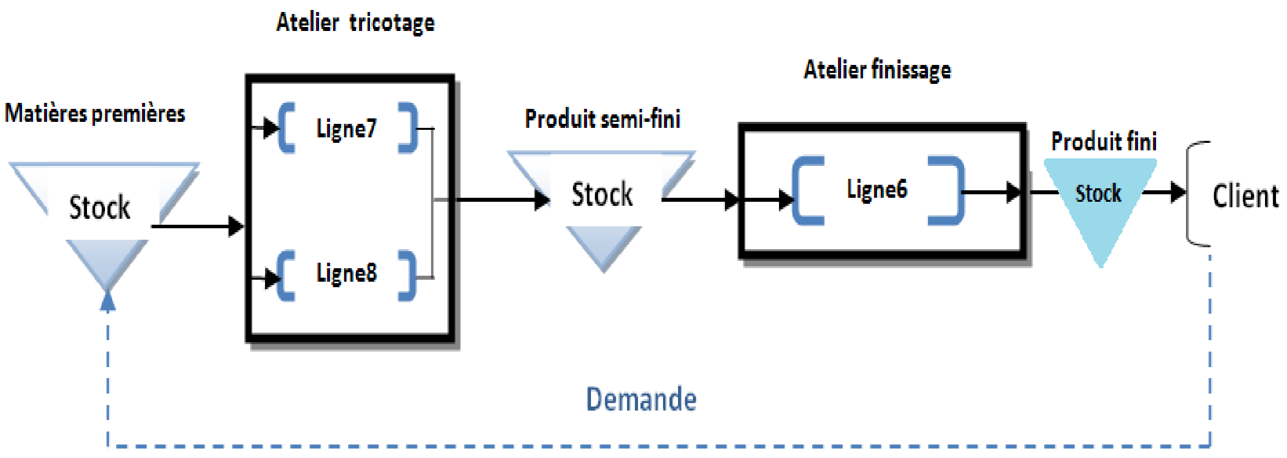

FIGURE 4.1 – Decription du système avec les anciennes machines

La description des deux systèmes est donnée dans le chapitre (1)

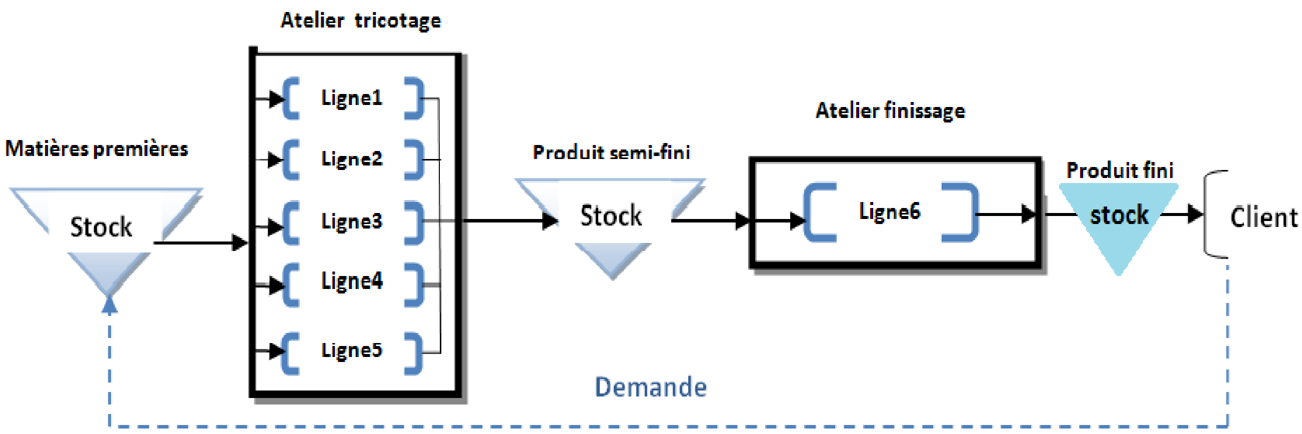

FIGURE 4.2 – Decription du système avec les nouvelles machines

4.1 Formulation mathématique du système avec les nouvelles machines

Hypothèse

Dans notre problème, on suppose que la matière première est tout le temps disponible. La détermination des quantités à produire sous cette hypothèse, permettra d'estimer les besoin en matières premières pour chaque mois.

4.1.1 Paramètres contrôlables du système :

Les variables de décision

Pour notre cas, ce seront les quantités mensuelles de chaque produit destinées à être fabriquées par l'une ou l'autre des lignes de production. On adoptera pour ceci les notations suivantes :
- X_k : Quantité du tricot interlock 1/60 à produire durant le mois k.
- Y_k : Quantité du tricot interlock 1/40 à produire durant le mois k.
- Z_k : Quantité du tricot jersey 1/60 à produire durant le mois k.
- J_k : Quantité du tricot jersey 1/40 à produire durant le mois k.
- H_k : Quantité du tricot bord cote 1/40 à produire durant le mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

Les Stocks du produit fini

Les stocks de chaque fin du mois seront calculés en fonction de ces variables, notons alors :

- S_k^X : Niveau du stock du tricot interlock 1/60 à la fin du mois k.
- S_k^Y : Niveau du stock du tricot interlock 1/40 à la fin du mois k.
- S_k^Z : Niveau du stock du tricot jersey 1/60 à la fin du mois k.
- S_k^J : Niveau du stock du tricot jersey 1/40 à la fin du mois k.
- S_k^H : Niveau du stock du tricot bord cote 1/40 à la fin du mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

4.1.2 Paramètres non contrôlables du système :

Ce sont les constantes du modèle. Elles correspondent d'une part, aux caractéristiques physiques du système. D'autre part, à ses exigences internes (coûts) et externes (type de la demande). Les paramètres non contrôlables de notre modèle seront donc :

Les capacités de production :

Comme on l'a vu au niveau de l'analyse du système : la capacité de la ligne de production est déduite à partir du débit de la machine de calendre sonforiseuse placée au bout de la chaîne. Il faut donc, distinguer entre le débit (de calendre sonforiseuse) : qui est une caractéristique physique de la machine, donnée par le constructeur, c'est le nombre d'unités (Kg) fabriquées relativement à une unité de temps. Et entre la capacité mensuelle qu'on cherche à estimer, cette capacité se calcule en tenant compte des aléas suivants :

- Les durées du temps réservées pour les programmes de maintenances préventives qui est établi par le service de maintenance.
- Absences de l'opérateur machine.
- ... etc

Dans notre cas ces aléas sont fixés à 10 % du débit de la machine.

Le tableau suivant résume le calcul effectué pour trouver la capacité de la ligne de production :

Machine	Régime	Débit kg / mois	Aléas kg / mois	Capacité kg / mois
Calendre sonsoriseuse	$8h/jet6j/7j$	520000	52000	$468000 = C$

TABLE 4.1 – Capacités mensuelles de la ligne de production

Et au niveau de l'atelier tricotage, la capacité de production s'exprime par les capacités de production de chaque machine, comme il est indiqué dans le tableau suivant :

Machine	Produit	Nombre de machines	Capacité/kg
T26	Interlock 1/40	9	$27240.84 = C_Y$
T27	Interlock 1/60	11	$33294.36 = C_X$
T28	Jersey 1/40	2	$5715.6 = C_J$
T29	Jersey 1/60	2	$3810.4 = C_Z$
T30	Bord cote	3	$4019.4 = C_H$

TABLE 4.2 – Capacités mensuelles des nouvelles machines régime 8h/j

Les capacités de stockage du produit fini

C'est le volume de l'espace disponible pour le stock des produits finis, l'entreprise a trois magasins de stockage. Soit S_{max} : l'espace de stockage maximum pour tout les produits confondus, et Soit :
- S_k^X : Quantité stocké du tricot interlock 1/60 à la fin du mois k.
- S_k^Y : Quantité stocké du tricot interlock 1/40 à la fin du mois k.
- S_k^Z : Quantité stocké du tricot jersey 1/60 à la fin du mois k.
- S_k^J : Quantité stocké du tricot jersey 1/40 à la fin du mois k.
- S_k^H : Quantité stocké du tricot bord cote 1/40 à la fin du mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

Les demandes prévues pour chaque produit

On notera par d_k la demande du k-éme mois. Pour chaque produit, on aura donc :
- d_k^X La demande prévue du tricot interlock 1/60 du mois k.
- d_k^Y La demande prévue du tricot interlock 1/40 du mois k.
- d_k^Z La demande prévue du tricot jersey 1/60 du mois k.
- d_k^J La demande prévue du tricot jersey 1/40 du mois k.
- d_k^H La demande prévue du tricot bord cote 1/40 du mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

Les coûts unitaires de la production et de stockage

Relativement à notre étude, les coûts unitaires de production (ainsi que ceux de stockage), sont considérés comme des paramètres non contrôlables. Soit donc respectivement le coût unitaire de production $\alpha^X, \alpha^Y, \alpha^Z, \alpha^J, \alpha^H$ pour différents produits. Les coûts unitaires de stockage sont $\beta^X, \beta^Y, \beta^Z, \beta^J, \beta^H$.

4.1.3 Détermination des contraintes du problème

Les contraintes du problème représentent l'ensemble des équations ou inéquations reliant les variables de décision aux limitations du système étudié.

Contraintes liées aux capacités du stockage

Ces contraintes traduisent la nécessité que les volumes des produits stockés ne doivent pas dépasser la capacité de stockage. Donc pour chaque produit relativement à un mois k donné, ces contraintes s'expriment pour k allant de 1 à 12 ainsi :

$$S_k^X + S_k^Y + S_k^Z + S_k^J + S_k^H \leq S_{max} \tag{4.1}$$

Avec :

$$\begin{cases} S_k^X = S_{k-1}^X + X_k - d_k^X \,; \\ S_k^Y = S_{k-1}^Y + Y_k - d_k^Y \,; \\ S_k^Z = S_{k-1}^Z + Z_k - d_k^Z \,; \\ S_k^J = S_{k-1}^J + J_k - d_k^J \,; \\ S_k^H = S_{k-1}^H + H_k - d_k^H . \end{cases} \tag{4.2}$$

Contraintes de satisfaction de la demande

Satisfaire la demande d'un produit quelconque durant un mois k, nécessite la disponibilité de ce produit en quantités supérieures ou égales au niveau de la demande prévue. En conséquence, les stocks de chaque mois doivent être positifs. Soient donc pour k=1,. . .,12, les relations suivantes :

$$\begin{cases} S_k^X = S_{k-1}^X + X_k - d_k^X \geq 0 \,; \\ S_k^Y = S_{k-1}^Y + Y_k - d_k^Y \geq 0 \,; \\ S_k^Z = S_{k-1}^Z + Z_k - d_k^Z \geq 0 \,; \\ S_k^J = S_{k-1}^J + J_k - d_k^J \geq 0 \,; \\ S_k^H = S_{k-1}^H + H_k - d_k^H \geq 0 . \end{cases} \tag{4.3}$$

Contraintes liées aux capacités de production

$$X_k + Y_k + Z_k + J_k + H_k \leq C \tag{4.4}$$

$$X_k \leq C_X \tag{4.5}$$

C_X est la capacité de production de l'article tricot interlock 1/60.

$$Y_k \leq C_Y \tag{4.6}$$

C_Y est la capacité de production de l'article tricot interlock 1/40.

$$Z_k \leq C_Z \tag{4.7}$$

C_Z est la capacité de production de l'article tricot jersey 1/60.

$$J_k \leq C_J \tag{4.8}$$

C_J est la capacité de production de l'article tricot jersey 1/40.

$$H_k \leq C_H \tag{4.9}$$

C_H est la capacité de production de l'article tricot bord cote .

4.1.4 La fonction objectif du problème

L'objectif étant de déterminer les quantités à produire, en minimisant les différents coûts associées à la production, au stockage des produits finis. La fonction objectif du problème correspondra alors à l'addition de ces différents coûts :

Coût de production :

$$CP_k = \alpha^X X_k + \alpha^Y Y_k + \alpha^Z Z_k + \alpha^J J_k + \alpha^H H_k \tag{4.10}$$

Coût de stockage :

$$CS_k = \beta^X S_k^X + \beta^Y S_k^Y + \beta^Z S_k^Z + \beta^J S_k^J + \beta^H S_k^H \tag{4.11}$$

La fonction objectif

$$Min \ \ Z = CP_k + CS_k \tag{4.12}$$

4.1.5 Le modèle pour les nouvelles machines :

La forme générale du modèle s'écrit sous la forme suivante :
Pour $k = 1, ..., 12$

$$MinZ = CP_k + CS_k$$

$$\begin{cases} X_k + Y_k + Z_k + J_k + H_k \leq C\,; \\ X_k \leq C_X\,; \\ Y_k \leq C_Y\,; \\ Z_k \leq C_Z\,; \\ J_k \leq C_J\,; \\ H_k \leq C_H\,; \\ S_k^X = S_{k-1}^X + X_k - d_k^X \geq 0\,; \\ S_k^Y = S_{k-1}^Y + Y_k - d_k^Y \geq 0\,; \\ S_k^Z = S_{k-1}^Z + Z_k - d_k^Z \geq 0\,; \\ S_k^J = S_{k-1}^J + J_k - d_k^J \geq 0\,; \\ S_k^H = S_{k-1}^H + H_k - d_k^H \geq 0\,; \\ S_k^X + S_k^Y + S_k^Z + S_k^J + S_k^H \leq S_{max}\,; \\ X, Y, Z, J, H \geq 0. \end{cases} \tag{4.13}$$

4.2 Formulation mathématique du système avec les anciennes machines

4.2.1 Paramètres contrôlables du système :

Les variables de décision

Pour notre cas, ce seront les quantités mensuelles de chaque produit destinées à être fabriquées par l'une ou l'autre des lignes de production. On adoptera pour ceci les notations suivantes :
– X_k : Quantité du tricot interlock 1/60 à produire durant le mois k.
– Y_k : Quantité du tricot interlock 1/40 à produire durant le mois k.
– Z_k : Quantité du tricot jersey 1/60 à produire durant le mois k.
– J_k : Quantité du tricot jersey 1/40 à produire durant le mois k.
avec $k = \overline{1.12}$

Les Stocks du produit fini

Les stocks de chaque fin du mois seront calculés en fonction de ces variables, notons alors :

- S_k^X : Niveau du stock du tricot interlock 1/60 à la fin du mois k.
- S_k^Y : Niveau du stock du tricot interlock 1/40 à la fin du mois k.
- S_k^Z : Niveau du stock du tricot jersey 1/60 à la fin du mois k.
- S_k^J : Niveau du stock du tricot jersey 1/40 à la fin du mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

4.2.2 Paramètres non contrôlables du système :

Les paramètres non contrôlables de ce modèle seront donc :

Les capacités de production :

Au niveau de l'atelier tricotage, il y a (06) anciennes machines identiques fabriquent tricot interlock (1/60) et (1/40) au même temps. Et (03) autres anciennes machines identiques fabriquent tricot jersey (1/60) et (1/40) .
Les capcités de ces machine est données dans le tableau suivant :

Machine	Produit	Nombre de machines	Capacité/kg
T31	Interlock 1/40et 1/60	6	$C_1 = 9240$
T32	Jersey 1/40 et 1/60	3	$C_2 = 3168$

Table 4.3 – Capacités mensuelles des anciennes machines régime 8h/j

Les capacités de stockage du produit fini

C'est le volume de l'espace disponible pour le stock des produits finis, l'entreprise a trois magasins de stockage. Soit S_{max} : l'espace de stockage maximum pour tout les produits confondus, et Soit :

- S_k^x : Quantité stocké du tricot interlock 1/60 à durant le mois k.
- S_k^y : Quantité stocké du tricot interlock 1/40 à durant le mois k.
- S_k^z : Quantité stocké du tricot jersey 1/60 à durant le mois k.
- S_k^j : Quantité stocké du tricot jersey 1/40 à durant le mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

Les demandes prévues pour chaque produit

On notera par d_k la demande du k-éme mois. Pour chaque produit, on aura donc :
- d_k^X La demande prévue du tricot interlock 1/60 du mois k.
- d_k^Y La demande prévue du tricot interlock 1/40 du mois k.
- d_k^Z La demande prévue du tricot jersey 1/60 du mois k.
- d_k^J La demande prévue du tricot jersey 1/40 du mois k.

avec $k = \overline{1.12}$

Les coûts unitaires de la production et de stockage

Relativement à notre étude, les coûts unitaires de production (ainsi que ceux de stockage), sont considérés comme des paramètres non contrôlables. Soit donc respectivement le coût unitaire de production $\alpha^X, \alpha^Y, \alpha^Z, \alpha^J$ pour différents produits. Les coûts unitaires de stockage sont $\beta^X, \beta^Y, \beta^Z, \beta^J$.

4.2.3 Détermination des contraintes du problème

Contraintes liées aux capacités du stockage

$$S_k^X + S_k^Y + S_k^Z + S_k^J \leq S_{max} \tag{4.14}$$

Avec :

$$\begin{cases} S_k^X = S_{k-1}^X + X_k - d_k^X\,; \\ S_k^Y = S_{k-1}^Y + Y_k - d_k^Y\,; \\ S_k^Z = S_{k-1}^Z + Z_k - d_k^Z\,; \\ S_k^J = S_{k-1}^J + J_k - d_k^J\,; \end{cases} \tag{4.15}$$

Avec k=1,...,12.

Contraintes de satisfaction de la demande

$$\begin{cases} S_k^X = S_{k-1}^X + X_k - d_k^X \geq 0\,; \\ S_k^Y = S_{k-1}^Y + Y_k - d_k^Y \geq 0\,; \\ S_k^Z = S_{k-1}^Z + Z_k - d_k^Z \geq 0\,; \\ S_k^J = S_{k-1}^J + J_k - d_k^J \geq 0\,; \end{cases} \tag{4.16}$$

Avec k=1,...,12.

Contraintes liées aux capacités de production

$$X_k + Y_k + Z_k + J_k \leq C \tag{4.17}$$

$$X_k + Y_k \leq C_1 \tag{4.18}$$

$$Z_k + J_k \leq C_2 \tag{4.19}$$

Avec k=1,. . .,12.

4.2.4 La fonction objectif du problème

L'objectif étant de déterminer les quantités à produire, en minimisant les différents coûts associées à la production, au stockage des produits finis. La fonction objectif du problème correspondra alors à l'addition de ces différents coûts :

Côut de production :

$$CP_k = \alpha^X X_k + \alpha^Y Y_k + \alpha^Z Z_k + \alpha^J J_k \tag{4.20}$$

Côut de stockage :

$$CS_k = \beta^X S_k^X + \beta^Y S_k^Y + \beta^Z S_k^Z + \beta^J S_k^J \tag{4.21}$$

La fonction objectif

$$Min \;\; Z = CP_k + CS_k \tag{4.22}$$

4.2.5 Le modèle pour les anciennes machines :

$$MinZ = CP_k + CS_k$$

$$\begin{cases} X_k + Y_k + Z_k + J_k + H_k \leq C\,; \\ X_k + Y_k \leq C_1\,; \\ Z_k + J_k \leq C_2\,; \\ S_k^X = S_{k-1}^X + X_k - d_k^X \geq 0\,; \\ S_k^Y = S_{k-1}^Y + Y_k - d_k^Y \geq 0\,; \\ S_k^Z = S_{k-1}^Z + Z_k - d_k^Z \geq 0\,; \\ S_k^J = S_{k-1}^J + J_k - d_k^J \geq 0\,; \\ S_k^H = S_{k-1}^H + H_k - d_k^H \geq 0\,; \\ S_k^X + S_k^Y + S_k^Z + S_k^J \leq S_{max}\,; \\ X, Y, Z, J \geq 0. \end{cases} \tag{4.23}$$

Avec k=1,...,12.

4.3 Résolution du problème et interprétation des résultats

4.3.1 Outils de la résolution

Les modèles obtenus sont des PL (programme linéaire). Le premièr modéle est à 10 variables et 12 contraintes, le deuxième est de 10 variables et de 9 contraintes. Actuellement, il existe en pratique des outils permettant de résoudre de tels problèmes.

Choix de l'outil de résolution

L'outil informatique utilisé dans la recherche de la solution du problème étudié est le CPLEX, version 12.6.1.

Présentation du CPLEX

CPLEX est, à la base, un solveur de programmes linéaires. Il est commercialisé par la société ILOG depuis la version 6.0. La dernière version , à ce jour, est la version 12.6.3.
Initialement, CPLEX est un solveur de programmes linéaires. A ce titre, il repose donc 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 peu 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. 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.

4.3.2 Présentation des résultats

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Interlock (1/60)/kg	23104	70904.88	15407.7	52872.5	3560.6	0
Interlock (1/40)/kg	45653.5	0	56798.6	20466.8	24943.3	50976.9
Jersey(1/60)/ kg	0	0	0	0	0	0
Jersey(1/40)/ kg	204.1	4704.1	355.60	349.1	0	1050.9
Bord cote	50.2	11.6	113.1	25.9	0	24.9

TABLE 4.4 – Les demandes mensuelles

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Interlock (1/60)/kg	23104	27720	15407.7	7233.2	3560.6	0
Interlock (1/40)/kg	4616	0	12312.3	20466.8	24159.4	27720
Jersey(1/60)/ kg	0	0	0	0	0	0
Jersey(1/40)/ kg	204.1	4704.1	355.60	349.1	0	1050.9

TABLE 4.5 – La solution avec anciennes machines

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Interlock (1/60)/kg	23104	70904.88	15407.7	52872.5	3560.6	0
Interlock (1/40)/kg	45653.5	0	56798.6	20466.8	24943.3	50976.9
Jersey(1/60)/ kg	0	0	0	0	0	0
Jersey(1/40)/ kg	204.1	4704.1	355.60	349.1	0	1050.9
Bord cote	50.2	11.6	113.1	25.9	0	24.9

TABLE 4.6 – La solution avec nouvelles machines

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Anciennes machines	40688493.19	44603351.83	42813180.61	43520057.04	16261281.75	30385969.0
Nouvelles machines sans bord cote	39355184.82	43308237.28	41378654.62	42151334.43	16245718.19	29630352.3
Nouvelles machines avec bord cote	39388010.6	43315822.52	41452610.71	42168270.44	16245718.19	29646634.4

Table 4.7 – Les valeurs des fonctions objectif pour les anciennes et nouvelles machines/DA

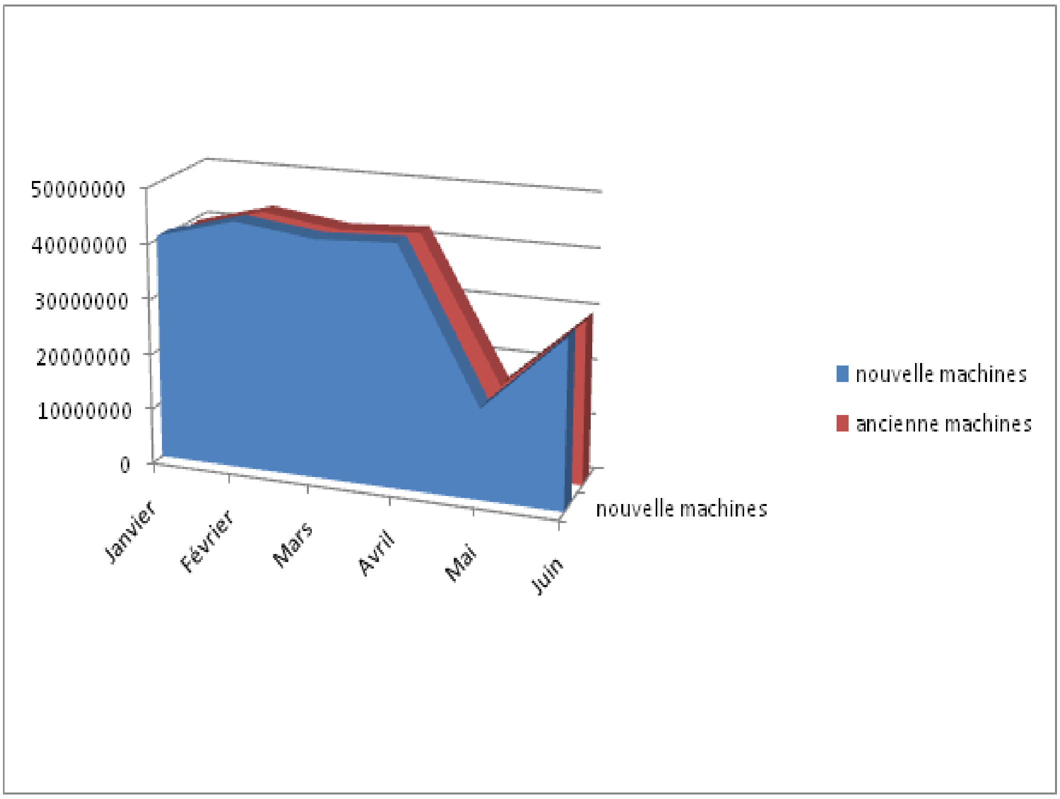

Figure 4.3 – Comparaison entre les valeurs des fonctions objectif

4.3.3 Taux d'utilisation de la capacité de production

Définition

Le taux d'utilisation de la capacité de production (machines et équipements) est égal au ratio entre les capacités de production effectivement mobilisées pour la production et l'ensemble des capacités de production potentiellement disponibles à une date donnée.

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Interlock (1/60) et (1/40)/kg	1	1	1	1	1	0
Jersey(1/60) et (1/40)/ kg	0.02	0.49	0.04	0.04	0	0.11

Table 4.8 – Taux d'utilisation de la capacité de production pour les anciennes machines

	janvier	février	mars	avril	mai	juin
Interlock (1/60)/kg	0.28	0.87	0.18	0.65	0	0.04
Interlock (1/40)/kg	0.45	0	0.57	0.20	0.25	0.51
Jersey(1/60)/ kg	0	0	0	0	0	0
Jersey(1/60)/ kg	0.02	0.41	0.03	0.03	0	0.09
Bord cote	$4.16.10^{-3}$	$9.6.10^{-4}$	$9.37.10^{-3}$	$2.15.10^{-3}$	0	$2.06.10^{-2}$

Table 4.9 – Taux d'utilisation de la capacité de production pour les nouvelles machines

4.4 Discussion des résultats

- Le tableau 4.5 nous montre que la demande n'est pas satisfaite malgré que le taux d' utilisation de la capacité des anciennes machines soit à 100%. Afin que l'entreprise satisfasse la demande, elle doit acheter une quantité de la matière semi-fini, ce qui engendre des coûts supplémentaires sur le coût de revient.
- Le tableau 4.6 nous montre que la demande est satisfaite par les nouvelles machines avec un taux de 30% (utilisation capacité).
- D'après le tableau 4.7, l'entreprise produit à moindre coût sur les nouvelles machines par rapport aux anciennes machines et elles minimisent le temps de production.

4.5 Conclusion

On conclue que avec l'acquisition des nouvelles machines, l'entreprise EATIT peut améliorer ces quantités et ça qualité de production et de produire à moindre coût.Donc l'entreprise peut investir sur d'autres marchés.

Conclusion Générale

C'est dans les usages pratiques que les méthode de la recherche opérationnelle se sont dévloppées, et c'est dans les mêmes domaines qu'elle doivent être testées et appliquées. Aujourd'hui, toute entreprise ayant comme objectif le développement dans un marché concurrentiel, doit être prête à intégrer au sein de son organisme des techniques scientifiques dans le but de quantifier réellement ses capacités industrielle et administrative et permettant de gérer au mieux ses ressources.

Les données relatives à un système, sont les premières matières sur lesquelles une étude scientifique se base. La présence des données " structurées" au sein de l'entreprise constitue un élément propulseur de toute évolution, que ce soit pratique ou théorique. La planification de la production nécessite sur cet optique, la consommation d'un volume assez important de données, et en conséquence, permet de synthétiser au mieux les objectifs de l'entreprise.

La description du système étudié, nous a conduit à élaborer un modèle mathématique permettant de calculer les quantités à produire chaque mois, tout en minimisant les coûts associés à chaque période et en respectant les contraintes relatives aux capacités de la production. Les méthodes de la programmation linéaire sont adaptées à de tel modéle. Cependant, la complexité de ce modèle nécessite l'utilisation de support informatique puissant, permettant de nos jours le traitement de problèmes de grand taille.

Le modèle est basé sur une hypothèse, qui est la disponibilité continue de la matière première.

Ce modèle étant un programme linéaire, qui peut être résolu avec les méthodes de programmation linéaire.

La solution obtenue montre que les nouvelles machines peuvent satisfaire la demande en minimisant les coûts de production, et elles peuvent ouvrir de nouvelles perspectives pour d'autres marchés.

A ce stade, il peut être amélioré par des études permettant d'évaluer au mieux les différents paramètres non contrôlables du modèle. On peut citer :

- Etude de la fiabilité et de la disponibilité des lignes de production, et ceci pour approcher les capacités réelles de fabrication offrant un meilleur plan de production.

- Optimisation des ordonnancements et des lancements de production sur les quatre lignes pour minimisation des temps de fabrication et de libération du produit fini.
- Etude à court horizon (mois) de l'écoulement de la marchandise, permettant d'assurer une meilleure gestion des stocks du produit fini, et une meilleure estimation des espaces de stockage.
- Etude sur la stratégie de vente et du réseau de distribution.
- Analyse et détermination des coûts de production relatifs à chaque ligne. Cet effort doit être complété par l'intégration d'autres techniques compatibles.

Annexe

sectionIntroduction **1-Description du CPLEX**

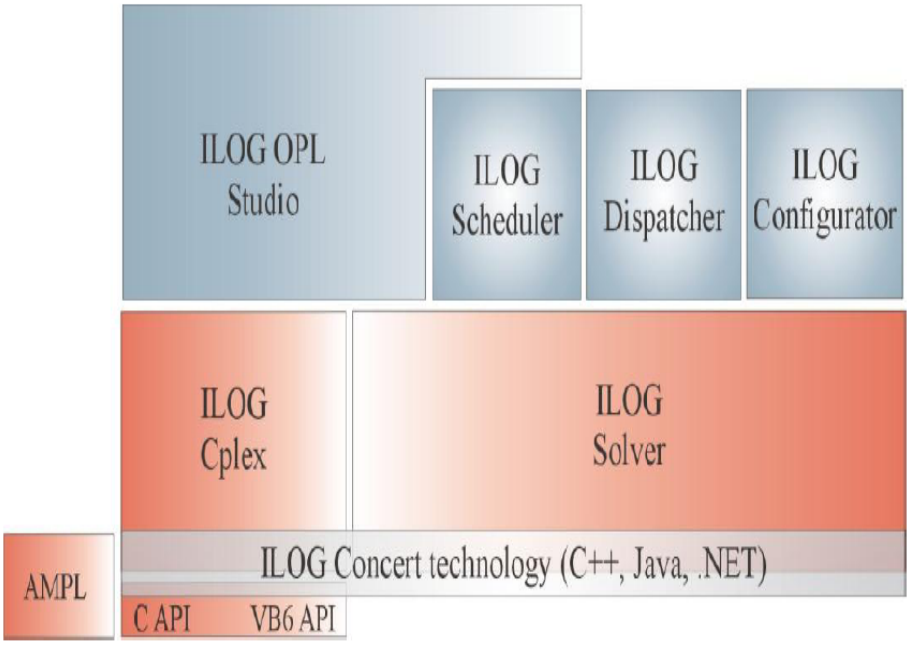

FIGURE 4.4 – ILOG Optimization Suite

- **ILOG CPLEX** : Le coeur du système résout des problèmes de programmation mathématique.
- **ILOG Solver** : La partie principale du système résout des applications en utilisant la programmation par contraintes.
- **ILOG concert technology** : Les bibliothèques contiennent les fonctionnalités du système. Elles sont disponibles pour les langages C++, Java et .NET.
- **ILOG Scheduler** : Fournit des extensions pour résoudre des problèmes de planification.
- **ILOG Dispatcher** : Fournit des extensions pour la résolution de problèmes de tournées de véhicules.
- **ILOG Configurator** : Ce module contient des utilitaires pour l'optimisation des ventes en ligne (problèmes de e-commerce).
- **ILOG OPL Studio** : OPL est un langage pour la modélisation des problèmes d'optimisation. Il interagit directement avec les modules ILOG Cplex, ILOG Solver et ILOG Dispacher.

2-Etapes de modélisation du systéme des production

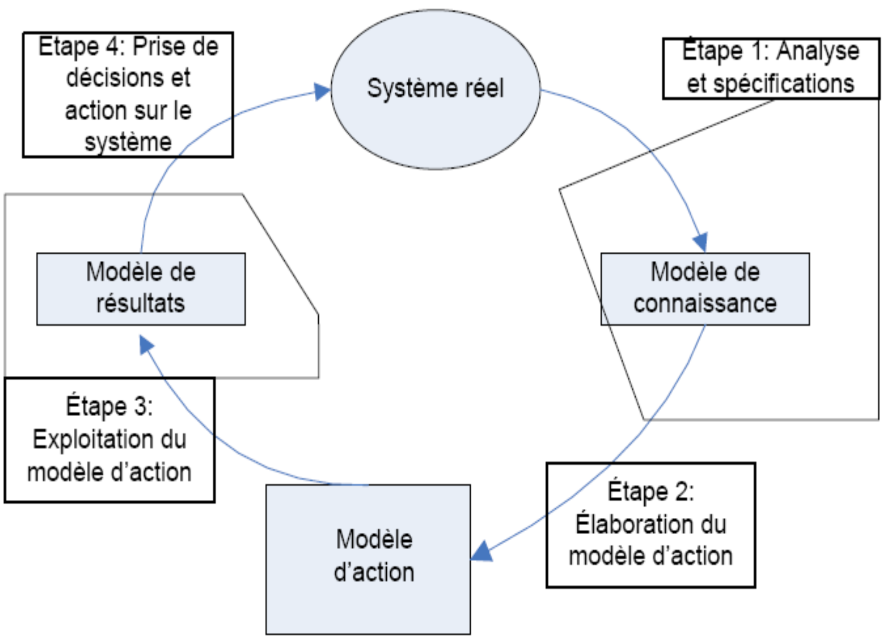

FIGURE 4.5 – Processus de modélisation simlifié

3-Taux moyen d'utilisation de la capacité de production

Produit	Taux moyen
Interlock (1/60) et (1/40)	0.83
Jersey (1/60) et (1/40)	0.12

Table 4.10 – Taux moyen d'utilisation de la capacité de production pour les anciennes machines

Produit	Taux moyen
Interlock (1/60)	0.34
Interlock (1/40)	0.33
Jersey (1/60)	0
Jersey (1/40)	0.10
Bord cote	$6.21.10^{-3}$

Table 4.11 – Taux moyen d'utilisation de la capacité de production pour les nouvelles machines

Bibliographie

[1] S. ADJABI, D. AISSANI, M. S. RADJEF, Actes de la journée d'études : Mathématique appliquées à l'industrie textile, L.A.M.O.S-Université de béjaia,22 mai 1991.

[2] K. ALAHMAD, Systèmes de contrôle de la qualité de production : Méthodologie de modélisation, de pilotage d'optimisation des systèmes de production, Thèse de doctorat, Université Paul VERLAINE-METZ Paris, 2008.

[3] B. AUTIN, Les métaheuristiques en optimisaion combinatoire, Conservatoire National des Arts et Metiers Paris, 2006.

[4] V. BARRA, Support de cours de programmation dynamique, Compus de Cézeaux.

[5] T. BELLANNAGUE, Modlisation mathématique du controle de puissance de l'affectation des canaux et de capacité dans les réseaux sans fil maillés, Univercité du Québec, Novembre 2012.

[6] M. O. BIBI, Support de cours de l'optimisation globale de première Année Master, Univercité Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2014/2015.

[7] M. O. BIBI, Cours de première année Master, Université de Béjaïa, 2011.

[8] C. BOUGHANI, Support de cours de l'optimisation combinatoire de troisième Année licence, Univercité Abderrahmane Mira de Béjaia, 2013/2014.

[9] A. CAUMAND, Le problème de jobshop avec contraintes : Modélisation et optimisation,Thèse de doctorat, Univercité BLAISE Pascal-Clermont FERRAND, 26/12/2006.

[10] F. DROESEBEKE, M. HALLIN,CL.LEFEVRE, Programmation linéaire et applications(élément de cours et exercices résolus), Editions TECHNIP, Paris, 2004.

[11] S. EL BERNOUSSI, Cours de programmation linéaire, Méthode du simplexe, Octobre 2010.

[12] V. GIARD, Gestion de la production et des Flux, Université Paris-Dauphine, 2003.

[13] F. Glover, Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence, Computers and Operations Research, 1986. 5 : pp. 533-549.

[14] M. R. GAREY, D.S. JOHNSON, Computers and intractability : a guide to the theory of NP-completeness, W.H. Freeman and Company, New York, 1979.

[15] E. D. GOMEZ URRUTIA, Optimisation intégré des décision planification et ordonnancementdans une chaîne logistique, Ecole Nationale Supérieure des Mines, SAINT-ETIENNE, 2014.

[16] F. R. Jacobs , Berry, W. L., Whybark, D. C., and Vollmann, T. E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management : APICS/CPIM Certification Edition. McGraw-Hill, 2011.

[17] R. Kolisch, Make-to-Order Assembly Management, 1st ed. Springer, 2001.

[18] L. KORTOBI, Optimisation de la synthèse des FACTS par les algorithme génétique et les essaims particulaire pour le controle des réseaux electrique, Ecole Nationale Polytechnique, 29 Novembre 2006.

[19] J. MONTMAIN and J. M. PENLVA, Choix publics stratégiques et systèmes sociaux, Commissariat à l'énergie atomique et Ecole des mines D'ALES, Unité de recherche sur la complexité, centre de recherche LGI2P, Juin 2003.

[20] P. R. Murthy, Production and Operations Management, 2nd ed. New Age International Pvt Ltd Publishers, 2009.

[21] C. H. PAPADIMITRIOU, K. STEIGLITZ, Combinatorial optimization - algorithms and complexity. Prentice Hall, 1982.

[22] M. SAKAROVITCH, Optimisation Combinatoire, Méthodes mathèmatiques et algorithmiques, Edition Herman, 1984.

[23] https ://fr.wikipedia.org/wiki/programmationdynamique.

Résumé

L'objectif de ce mémoire est de savoir si avec les capacités de production des nouvelles machines, l'entreprise textile EATIT (ex : ICOTAL Bejaïa) peut améliorer les quantités à produire.

Pour ce faire, on a élaboré un modèle mathématique. Ce dernier étant un programme linéaire qui peut être résolut avec les méthodes d'optimisation combinatoire.

La solution obtenue montre que les nouvelles machines peuvent satisfaire la demande en minimisant les coûts de production, et elles peuvent ouvrir de nouvelles perspectives pour d'autres marchés.

Mots-clés : Industrie textile, Système de production, Programmation linéaire, Optimisation combinatoire, Solveur CPLEX.

Abstract

The objective of this paper is whether the new machines with the production capacity, the textile company EATIT (eg: ICOTAL Bejaïa) can improve the production quantities.

To do this, a mathematical model was developed. The latter being a linear program that can be resolved with the combinatorial optimization methods.

The solution obtained shows that the new machines can meet demand while minimizing production costs, and can open up new prospects for other markets.

Keywords: Textile Industry, Production system, linear programming, combinatorial optimization, solver CPLEX.