

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



# MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Filière : Mathématiques Appliquées

Spécialité : Modélisation Mathématique et Techniques de  
Décision

Thème

---

ETUDE DE LA LOGISTIQUE DU TRANSPORT AU SEIN  
DE CÉVITAL

---

Présenté par Djerroud Sonia

Devant le jury composé de :

<b>Président</b>	ASLI LARBI	Docteur	Université de Béjaïa
<b>Encadreur</b>	TOUATI SOFIANE	Magistère	Université de Béjaïa
<b>Examineur</b>	BRAHMI BELKACEM	Docteur(LaMOS)	Université de Béjaïa
<b>Examineur</b>	SOUFIT MASSINISSA	Doctorant(LaMOS)	Université de Béjaïa

Université de Béjaïa, Septembre 2018.

## Remerciements

*Je remercie Dieu, le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Je remercie mon encadreur, Mr TOUATI Sofiane pour l'attention accordée à mon travail.*

*Je remercie vivement Mr Brahmi Belkacem et Mr Soufit Massinissa d'avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je remercie aussi Mr Asli Laarbi pour l'intérêt porté à mon mémoire.  
Je remercie aussi Mr Atman Amine d'avoir assuré le suivi pédagogique de ce travail au sein de l'entreprise.*

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

**A** toute ma famille, qui n'ont jamais cessé d'apporter leurs soutiens et encouragement depuis ma tendre enfance.

**A** à mes frères : Yacine, Said, et Azzedine .

**Enfin**, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire..

# Table des figures

1.1	Organigramme du complexe Cevital . . . . .	9
1.2	L'effectif des employés selon la catégories socioprofessionnelles . . .	16
1.3	les flux industriel et distribution de CEVITAL . . . . .	19
1.4	Classification des CLR selon les plateformes . . . . .	20
2.1	principe de fonctionnement d'une chaîne logistique . . . . .	27
2.2	Le cercle vertueux du transport . . . . .	30
3.1	Modèle à machine unique. . . . .	38
3.2	Modèle à machines parallèle. . . . .	39
3.3	Modèle flow-shop. . . . .	40
3.4	Modèle job-shop. . . . .	41
3.5	Modèle open-shop. . . . .	42
3.6	Modèle Flow-Shop hybride. . . . .	43
4.1	Diagramme de Gantt associé à l'ordonnancement de 07 transports. .	58

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Le système de distribution de CEVITAL agro-alimentaire</b>	<b>6</b>
	Introduction . . . . .	6
1.1	Présentation de l'entreprise CEVITAL . . . . .	6
1.1.1	Historique de l'entreprise . . . . .	6
1.1.2	Situations géographique de Cevital . . . . .	7
1.1.3	Les activités et missions de cevital . . . . .	8
1.1.4	Les enjeux et objectifs . . . . .	8
1.1.5	Structure organisationnelle de cevital . . . . .	9
1.1.6	Présentation des différentes directions : . . . . .	9
1.1.7	La gamme de produits Cevital . . . . .	12
1.1.8	La capacités du complexe Cevital . . . . .	13
1.1.9	Les capacités de distribution : . . . . .	13
1.1.10	Les capacités commerciales : . . . . .	14
1.1.11	Capacités de production : . . . . .	15
1.1.12	Les capacités financières . . . . .	15
1.1.13	Les capacités en ressources humaines . . . . .	16
1.2	Le processus de distribution de Cevital . . . . .	16
1.2.1	Quelques définitions : . . . . .	16
1.2.2	Les types de la clientèle de CEVITAL . . . . .	17
1.2.3	La distribution : . . . . .	18
1.2.4	Le processus de distribution de l'entreprise CEVITAL . . . . .	18
1.3	Position du problème . . . . .	20
	Conclusion . . . . .	21
<b>2</b>	<b>Le transport routier de marchandises au sein de la chaîne logis- tique</b>	<b>22</b>
	Introduction . . . . .	22
2.1	La logistique d'entreprise . . . . .	22
2.1.1	Définitions de la logistique . . . . .	23
2.1.2	fonctions gérées par la logistique : . . . . .	24
2.1.3	Planification des transports : . . . . .	25

2.1.4	Gestion du parc de véhicule : . . . . .	25
2.2	La chaîne logistique et le transport . . . . .	25
2.2.1	La chaîne logistique . . . . .	25
2.2.2	La gestion de la chaîne logistique (supply chain management) : . . . . .	26
2.2.3	La place du transport routier : . . . . .	27
2.2.4	Les offres de transport : . . . . .	28
2.2.5	La fonction distribution/transport : . . . . .	28
2.2.6	Les différents niveaux de décision . . . . .	29
	Conclusion . . . . .	30
<b>3</b>	<b>Généralités sur les problèmes d’ordonnancement</b>	<b>32</b>
	Introduction . . . . .	32
3.1	Généralités sur l’ordonnancement . . . . .	32
3.2	Les données d’un problème d’ordonnancement . . . . .	33
3.2.1	Les tâches . . . . .	34
3.2.2	Les ressources . . . . .	34
3.2.3	Les contraintes . . . . .	35
3.2.4	Les critères . . . . .	36
3.3	Classification des problèmes d’ordonnancement . . . . .	37
3.3.1	Problèmes à une opération . . . . .	37
3.3.2	Problèmes à plusieurs opérations . . . . .	39
3.4	Le problème Flow-Shop hybride . . . . .	42
3.5	Méthodes de résolution des problèmes d’optimisation . . . . .	44
3.5.1	Les méthodes exactes . . . . .	44
3.5.2	Les méthodes approchées . . . . .	45
	Conclusion . . . . .	46
<b>4</b>	<b>Modélisation du Problème</b>	<b>47</b>
	Introduction . . . . .	47
4.1	Description du problème . . . . .	47
4.2	Formulation mathématique du problème posé . . . . .	48
4.3	Modèle mathématique . . . . .	54
4.4	Application numérique . . . . .	54
	Conclusion . . . . .	59

# Introduction Générale

Le secteur de la logistique s'est fortement développé ces dernières années, et devient un acteur majeur de l'organisation économique actuelle. Il permet la circulation et la gestion des flux de marchandises et d'informations entre les différents maillons de la chaîne de production et de distribution.

L'ouverture des marchés, notamment européens, le développement des infrastructures et l'importance de nouvelles possibilités en matière d'échange de données conduisent un nombre croissant d'entreprises à définir leur activité en termes de flux matériels et informationnels. La logistique doit intégrer les flux d'approvisionnement, de production et de distribution dans un système global, cohérent et rentable. Elle doit, aussi, assurer le pilotage de ce système, son adaptation rapide et souple à l'évolution des marchés. Elle répond donc à un double besoin d'organisation/rationalisation et de gestion/communication, dans le cadre d'un large éventail de techniques liées à l'exploitation de la chaîne logistique (entreposage, manutention, transitique, productique, transport...) [2].

Dans la littérature, le lien transport-logistique-stratégies productives des entreprises est affirmé depuis longtemps. Le transport n'est pas considéré comme variable exogène aux stratégies des entreprises et à leurs décisions logistiques. Il s'inscrit dans un processus logistique qui est souvent multiacteurs et multi-activités. Ce processus logistique est défini comme « une chaîne d'activités reliées par des flux informationnels ou matériels et aboutissant à un output final bien défini » (*LORINO*, 1995)[13].

L'activité de transport ne se résume pas à de simples déplacements physiques des biens qu'il conviendrait d'optimiser en termes de coûts, de temps ou de coûts non monétaires (sécurité, confort...). Les situations de transport sont aussi fortement conditionnées par les acteurs qui participent directement ou indirectement à cette transaction d'une part, et aux transformations structurelles de l'économie d'autre part (*BERNADET*, 1985)[3]. Elles doivent s'envisager comme un construit social entraînant une diversité des situations de transport.

Dans ce travail, nous nous intéressons plus particulièrement à un problème de gestion et de planification d'un système de transport pour assurer les transferts des produits de plusieurs points d'origine vers plusieurs points de destination, au sein de l'entreprise Cevital agro-alimentaire .

Le problème considéré est un problème d'ordonnancement du transport, de type Flow Shop Hybride, dont l'objectif est la minimisation du nombre de ressources renouvelable (camions) affectés à un nombre déterminé de transport dans l'opération du livraison .

Les modèles de programmation linéaire en nombre entier (PLNE), sont souvent difficiles à résoudre, du fait notamment que l'espace de recherche n'est plus convexe mais discret. Ce type de problèmes appartient à la classe des problèmes NP-difficiles. Afin de les résoudre, on peut utiliser un solveur connu sous le nom de CPLEX.

Pour résoudre les problèmes de programmation mathématique (PL et PLNE), CPLEX Studio fait appel au solveur linéaire CPLEX. Pour résoudre les problèmes de programmation par contraintes, il fait appel au programme CP Optimizer. Tous ces programmes sont aujourd'hui inclus dans la suite de logiciels proposée par IBM Ilog.

Ce mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre est dédié à la description de l'entreprise et sa politique de distribution, afin de donner au lecteur un aperçu sur le fonctionnement de l'entreprise agro-alimentaire CEVITAL, ainsi que son système de distribution. Nous définissons le contexte de notre étude et introduisons la problématique générale à laquelle nous nous sommes intéressés.

Dans le deuxième chapitre, on présente la logistique, ainsi que ces types et la chaîne logistique dans une entreprise agro-alimentaires.

Le troisième chapitre, est consacré à la description des différents types des problèmes d'ordonnancement en plus particulier le modèle de flow shop hybride.

Dans le quatrième chapitre, on présente la modélisation mathématique de problème posé ainsi que sa résolution avec le solveur CPLEX.



# Chapitre 1

## Le système de distribution de CEVITAL agro-alimentaire

### Introduction

Cevital est l'une des réalisations les plus importantes en Algérie durant les deux dernières décennies. Ayant parfaitement réussi dans leur projet initial qui était la fabrication d'huile, margarine et sucre, les gérants de cette entreprise ont décidé d'investir dans d'autres projets. C'est ainsi que Cevital est arrivée à en lancer une dizaine dans différents domaines. Ses unités seront installées dans différentes régions du pays, telles que l'unité de LALA KHADIJA pour l'eau minérale, l'unité de production du verre plat, l'unité d'aliments de bétail etc... Comme elle a racheté aussi certaines entreprises telles : le complexe COJEC. En lançant ces projets, CEVITAL a pu créer près de 2000 emplois, et une participation au budget de l'Etat au titre de l'exercice 2004 de 8715 millions de dinars (Source CEVITAL) .

Ce présent chapitre est divisé en trois sections, la première est dédiée à la présentation de l'entreprise CEVITAL. La deuxième section présente notamment le processus de distribution de CEVITAL .

### 1.1 Présentation de l'entreprise CEVITAL

#### 1.1.1 Historique de l'entreprise

CEVITAL SPA au capital social de six (06) milliards de Dollars, a été créée avec des fonds privés en 1998. Elle est la première société privée dans l'industrie de raffinage des huiles brutes et de sucre sur le marché algérien et la première à avoir investi dans plusieurs secteurs d'activités.

CEVITAL AGRO-INDUSTRIE est passée de 500 salariés en 1999 à 4300 salariés en 2010 et a 18000 salariés en 2015. Elle a été créée en Mai 1998 avec un capital social de 68,760 milliards de DA.

CEVITAL est la première société privée dans l'industrie agroalimentaire sur le marché algérien.

- 1999 : entrée en production de la raffinerie d'huile de 570000T/An et lancement de la première marque d'huile de table de haute qualité, 100 pour cent tournesol « FLEURIAL » .
- 2001 : entrée en production de la margarinerie de 180000 T/An et lancement de la première marque de margarine de table "FLEURIAL" .
- 2003 : entrée en production de la raffinerie de sucre (650000 T/An de sucre blanc et 25000 T/An de sucre liquide). Lancement de la margarine de feuilletage « LA PARISIENNE » pour les boulangeries pâtisseries .
- **Avril 2005** : lancement de trois nouveaux projets dont deux sur le site LAARBA (verre plat, fabrication industrielle de produit manufacturé en béton) et acquisition des eaux minérales de LALLA KHEDIDJA (ex ETK) sise à l'est de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Aujourd'hui, connue sous la bannière de CEVITAL et plus précisément sous l'appellation CEVITAL Lalla khedidja, elle est entrée en production en Mars 2007, et a permis l'acquisition de la conserverie d'EL Kseur (ex COJEK) sise à 30KM du chef-lieu de la wilaya de Bejaia.

Depuis sa création à nos jours, le groupe CEVITAL a consolidé sa position de leader dans le domaine de l'agroalimentaire et entend poursuivre sa croissance en investissant encore dans ce secteur pour renforcer sa position.

### **1.1.2 Situations géographique de Cevital**

CEVITAL est l'une des plus grandes entreprises de l'Algérie, et le leader du secteur agroalimentaire. Son Complexe agro-alimentaire de Bejaia se situe dans le nouveau quai du port de Bejaia, à 3km Sud-ouest de la ville, à proximité de la RN 26.

Une partie des constructions est située dans le port à 200 M du quai alors que la plus grande partie des installations est édifiée sur les terrains récupérés, situés à proximité du port, situé à 280 Km d'Alger donne l'avantage de proximité économique à celle-ci.

Elle occupe une place stratégique qui lui permet de faciliter les relations avec son environnement extérieur.

### 1.1.3 Les activités et missions de cevital

Cevital agro-industrie est le leader du secteur agroalimentaire mais aussi le plus grand complexe privé en Algérie.

le complexe depuis ses débuts est installé au sein du port de Bejaia (Algérie) et dispose de plusieurs unités de production :

– **A Bejaia**, le complexe est constitué de :

- Raffinerie d'huile .
- Raffinerie de sucre .
- Margarinerie .

ainsi la possession de plusieurs silos portuaires et celle d'un terminal de déchargement portuaires d'une capacité de 2000 tonnes/heure fait de cevital Agro-industrie le premier terminal de déchargement portuaire en Méditerranée .

– **A EL Kseur** une unité de production de jus de fruit COJECK a été rachetée par le groupe CEVITAL dans le cadre de la préservation des entreprises publiques algériennes en novembre 2006. Sa capacité de production est de 14400 tonnes/an.

– **A Tizi-Ouzou** (A Agouni Gueghrane) au coeur du massif montagneux du Djurdjura qui culmine à plus de 2300 mètres, l'unité d'eau minérale Lalla Khedidja a été inaugurée en juin 2007.

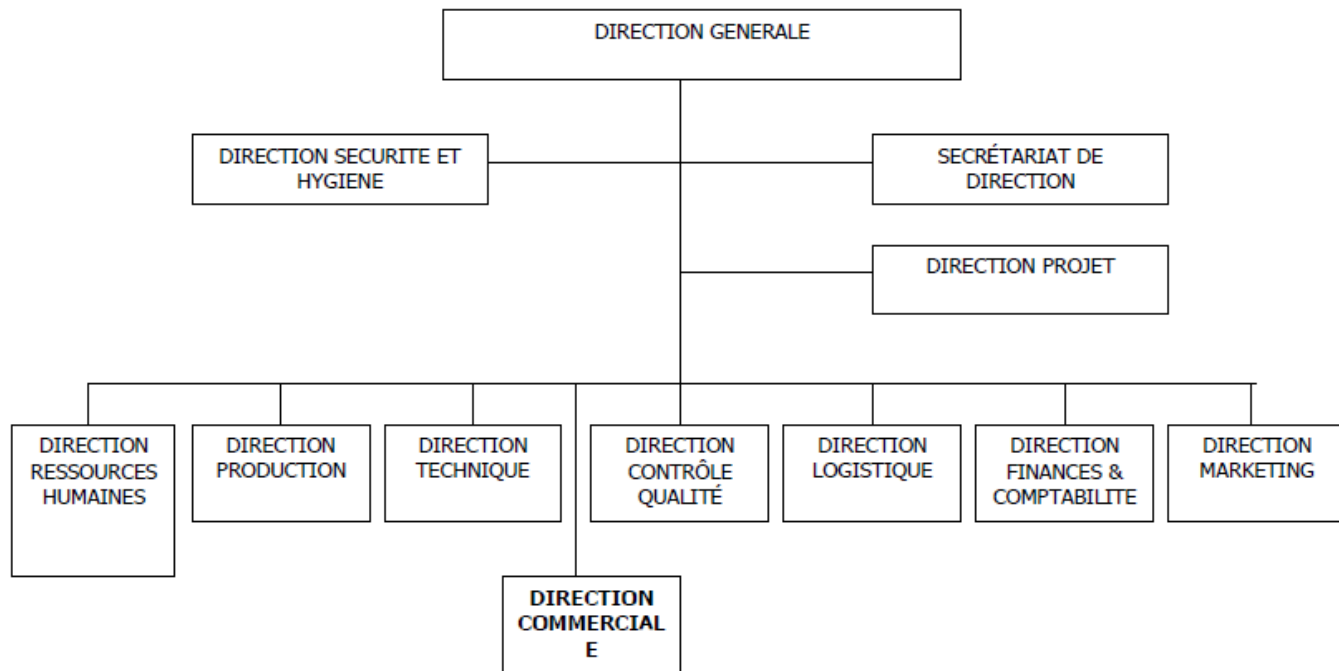
Cevital Agro-industrie offre des produits de haute qualité aux consommateurs mais aussi aux industriels et ce grâce à ces prix compétitifs, son savoir faire, la modernité de ses unités de production, le contrôle stricte en ce qui concerne la qualité mais aussi et surtout un réseau de distribution très développé .

### 1.1.4 Les enjeux et objectifs

1. La satisfaction de la demande du marché :  
Une étude de marché formalisée après recensement des besoins des clients.
2. Satisfaction de la clientèle en fabriquant des produits de bonne qualité et à des prix compétitifs. (politique commerciale et de produits).
3. La création d'emplois :  
Cet objectif constitue l'une des facettes de la politique du groupe de participer à la résorption du chômage, et à la promotion de la formation et de la qualification de son personnel.
4. La plantation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes (politique d'intégration du groupe consistant à limiter les importations au strict minimum).

5. La modernisation de ses installations en termes de technologie pour augmenter le volume de la production. Cet enjeu relève d'une politique d'investissement nécessaire dans un environnement caractérisé par une compétitivité de plus en plus rude. A ce titre, Cevital a opté pour des technologies up to date dans ses domaines de prédilection. Cette option est dictée naturellement par des impératifs de rentabilité.

### 1.1.5 Structure organisationnelle de cevital



Source : Document interne de l'entreprise

FIGURE 1.1 – Organigramme du complexe Cevital

### 1.1.6 Présentation des différentes directions :

#### 1. LA DIRECTION GENERALE :

Elle a pour mission de superviser, contrôler et coordonner les missions des différentes directions. Elle définit la stratégie de développement et veille à la disponibilité des moyens nécessaires au bon fonctionnement du complexe.

## **2. LA DIRECTION COMMERCIALE :**

Structure essentielle du complexe, elle est chargée de :

- ✓ La mise en œuvre de la politique commerciale du groupe et du complexe.
- ✓ Assurer la bonne relation clientèle et sa satisfaction.
- ✓ Veiller à la réalisation des objectifs de vente du complexe en participant à la politique de distribution sur le territoire national et à l'étranger.

## **3. LA DIRECTION INDUSTRIELLE :**

Chargé de l'évolution industrielle des sites de production et définit, avec la direction générale, les objectifs et le budget de chaque site.

Analyse les dysfonctionnements sur chaque site (équipements, organisation...) et recherche les solutions techniques ou humaines pour améliorer en permanence la productivité, la qualité des produits et des conditions de travail.

Anticipe les besoins en matériel et supervise leur achat (étude technique, tarif, installation...).

Elle est responsable de la politique environnement et sécurité, participe aux études de faisabilité des nouveaux produits.

## **4. LA DIRECTION DES FINANCES ET COMPTABILITE (DFC) :**

Cette direction a pour mission de :

- ✓ Gérer les finances et tenir la comptabilité du complexe.
- ✓ Elaborer le budget du complexe et assurer son suivi et sa mise en œuvre.
- ✓ Définir et suivre les indicateurs financiers et comptables de gestion du complexe.
- ✓ Arrêter le bilan comptable du complexe et élaborer son analyse.

## **5. LA DIRECTION LOGISTIQUE**

Crée en janvier 2004, cette direction assure la gestion des moyens matériels et humains pour garantir une distribution efficace des produits du complexe.

Cette direction a été créée en remplacement de la direction de distribution pour lui adjoindre la gestion du parc, et ce dans un objectif d'efficacité et de responsabilité directe sur les moyens humains chargés de la distribution et les ressources matérielles.

## **6. LA DIRECTION MARGARINERIE :**

Chargée de la mise en œuvre du processus de production, cette direction veille au respect des paramètres de production de la margarine.

## **7. LA DIRECTION RAFFINERIE DE SUCRE :**

S'assure de la mise en œuvre et du pilotage du processus technique de raffinage du sucre. Ce processus consiste à raffiner le sucre roux, pour extraire du sucre blanc et un résidu dit la mélasse.

**8. LA DIRECTION CONDITIONNEMENT D’HUILE :**

Chargée de la fabrication des emballages et de la mise en bouteille de l’huile raffinée, cette direction fonctionne en continue (24/24) en trois équipes (3x8).

**9. DIRECTION MARKETING :**

Nouvellement créée, dans le cadre des préoccupations stratégiques du groupe d’adopter de mieux en mieux ses politiques et ses objectifs pour satisfaire le marché cible, cette direction devrait alors établir une politique de marketing. Cette dernière permettrait au complexe d’ajuster et de mieux maîtriser ses politiques de produit, de prix, de communication et de distribution. Cette direction permettra de renforcer sensiblement l’efficacité du réseau de distribution des produits. L’interface avec la direction commerciale devrait être judicieusement identifiée.

**10. LA DIRECTION DES SILOS :**

Elle a pour mission d’assurer le stockage dans les conditions requises des produits entrant dans les processus de production du complexe.

Cette direction assure la gestion de trois zones :

- Zone 1 : ou zone quai où s’effectue la réception des navires (déchargement).
- Zone 2 : composée de 27 silos et d’un hangar destinés au stockage.
- Zone 3 : ou zone des expéditions.

**11. LA DIRECTION DES RESSOURCES HUMAINES (DRH) :**

La DRH gère un potentiel humain très important constitué de différentes catégories socioprofessionnelles et de qualifications diverses. Elle est chargée de la gestion du personnel aussi bien au point de vue administratif que social, des recrutements et de la formation du personnel.

**12. LA DIRECTION QHSE (qualité, hygiène, sécurité et environnement) :**

- Mettre en place, maintient et améliore les différents systèmes de management et référentiels pour se conformer aux standards internationaux .
- Veille au respect des exigences règlementaires produits, environnement et sécurité .
- Garantit la sécurité de personnel et la pérennité des installations .
- Contrôle, assure la qualité de tous les produits de CEVITAL et réponse aux exigences clients .

**13. LA DIRECTION SYSTEME D’INFORMATION :**

Elle assure la mise en place des moyens des technologies de l’information nécessaires pour supporter et améliorer l’activité, la stratégie et la performance de l’entreprise.

Elle doit ainsi veiller à la cohérence des moyens informatiques et de communication mises à la disposition des utilisateurs, à leur mise à niveau, à leur

maîtrise technique et à leur disponibilité et opérationnalité permanente et en toute sécurité.

Elle définit, également, dans le cadre des plans pluriannuels les évolutions nécessaires en fonction des objectifs de l'entreprise et des nouvelles technologies.

**14. LA DIRECTION ENERGIE ET UTILITES :**

C'est la production et la distribution pour les différentes unités, avec en prime une qualité propre à chaque Processus : D'environ 450 m<sup>3</sup>/h d'eau (brute, osmose, adoucie et ultra pure); de la vapeur Ultra haute pression 300T/H et basse pression 500T/H. De l'Electricité Haute Tension, Moyenne Tension et Basse Tension, avec une capacité de 50MW.

**15. LA DIRECTION MAINTENANCE ET TRAVAUX NEUFS :**

Met en place et intègre de nouveaux équipements industriels et procédés Planifie et assure la Maintenance pour l'ensemble des installations. Gère et déploie avec le Directeur Industriel et les Directeurs de Pôles les projets d'investissement relatifs aux lignes de production, bâtiments et énergie/utilité (depuis la définition du processus jusqu'à la mise en route de la ligne ou de l'atelier), Rédige les cahiers des charges en interne. Négocie avec les fournisseurs et les intervenants extérieurs.

### **1.1.7 La gamme de produits Cevital**

La gamme de produits de Cevital, pour l'ensemble des activités existantes, se présente comme suit :

**LES HUILES :** – FLEURIAL : 100% tournesol (depuis août 1999) .

– FRIDOR : tournesol, soja, palme .

– ELIO : soja, palme .

Toutes les huiles sont disponibles sur le marché en bidons de 5 litres et bouteilles de 1 et 2 litres.

**LA MARGARINE :** 1. **Margarine de table :**

– MATINA en barquettes de 400g .

– MATINA en plaquettes de 250g .

– FLEURIAL en barquettes de 500g .

– FLEURIAL en plaquettes de 250g .

– RANIA en barquettes de 400g .

– RANIA en plaquettes de 250g .

2. **Margarine de feuilletage :**

– La parisienne en plaquettes de 500g .

### 3. **Smen :**

- Medina : 100 pourcent végétale en pots de 1,8 kg.

### 4. **Graisse végétale :**

- Graisse de coco 27-29 .
- Graisse de coco 31-33 .
- Graisse de coco 34-36 .
- Graisse de palmiste 35-37.
- Shortening 38-40.

**LE SUCRE** 1. En sacs de 50 kgs .

2. En big bags de 1000 kgs.

**LA MELASSE** C'est un résidu du processus de raffinage du sucre roux destiné essentiellement à l'exportation.

**LES BOISSONS** (Eau minérale, Jus de fruits, Sodas, Eau gazifiée), L'eau minérale Lalla Khedidja, pure et naturelle, est directement captée à la source au coeur du massif montagneux du Djurdjura .

## 1.1.8 **La capacités du complexe Cevital**

Dans cette partie, les différentes capacités en matière de distribution, commerciale, financière et humaine, sont passées en revue de manière à, éventuellement, faire des suggestions en matière de leur exploitation et possibilités d'amélioration de la production, de la qualité, et la présentation des produits.

## 1.1.9 **Les capacités de distribution :**

CEVITAL s'appuie sur ses ressources humaines et matériels, pour organiser et assurer la distributions de ses produits. On peut classer ces ressources comme suit :

### 1. **Les moyens humains :** .

106 personnes sont chargées d'assurer une bonne distribution des produits du complexe. Elles sont réparties comme suit :

- 1 responsable logistique .
- 1 responsable des expéditions .
- 7 chefs de quais .
- 42 caristes .
- 5 facturiers .
- 14 manutentionnaires .
- 15 magasiniers .



- 3 responsables de palettes .
  - 18 personnes pour le tri des palettes .
- L'ensemble de ce personnel est organisé en 2x8 heures (une équipe de 5 heures jusqu'à 13 heures et l'autre de 13 heures à 21 heures).

## 2. Les moyens matériels :

Le complexe utilise deux catégories de moyens : ceux utilisés directement par le complexe et ceux loués aux dépositaires.

- Ceux utilisés par Cevital, composés de :
  - 105 tracteurs camions semi-remorques .
  - 140 semi-remorques .
  - 6 camions de 10 tonnes.
  - 2 citernes .
  - 6 clarcks .
  - 2 gerbeuses.
- Ceux qu'elle loue :
  - 107 camions de distribution .
  - 9 cellules frigo.

(Ces chiffres sont remis par la direction logistique, et concernent les camions qui ont été recensés à cette date).

## 3. Les capacités de stockage :

Cevital dispose, en dehors du complexe, de plusieurs lieux de stockage pour ces différents produits .

## 4. La capacités de chargement :

Elle dispose de 6 lignes de chargements d'une capacité de 2000 tonnes/jours pour le sucre, 7 pour l'huile et de trois pour la margarine.

### 1.1.10 Les capacités commerciales :

Le complexe, conscient de l'augmentation de la demande du marché a revu ses capacités commerciales en transformant le service commercial en direction commerciale mieux étoffée. Cette nouvelle organisation a permis de faire face à la tendance des exigences du marché et des capacités de production. La nouvelle organisation fait ressortir les moyens suivants :

- Un directeur .
- Un chef des ventes .
- Un administrateur des ventes .
- 4 chargés de clientèle .

- 3 facturiers .
- Un chargé des statistiques.

### 1.1.11 Capacités de production :

Le complexe dispose de trois unités de production dont les capacités sont :

#### ✓ La raffinerie d'huile :

Mise en production en août 1999 avec une capacité de 1800 tonnes/jour, elle dispose de 3 bacs de stockage pour huile brute, 2 lignes de raffinage de 400 tonnes et une troisième de 1000 tonnes et deux bacs de stockage d'huile raffinée.

#### ✓ La margarinerie :

Mise en production en novembre 2001, elle dispose de 2 cuves d'émulsion d'une capacité de 600 litres la cuve, 5 lignes de production avec 2 lignes pour la fabrication de margarine en plaquette, 1 ligne pour chacun des produits restant c'est à dire la feuilletage, smen et la shortening.

#### ✓ La raffinerie de sucre :

Mise en production fin 2002 d'une capacité de production de 1600 tonnes/jours avec une capacité de stockage de sucre roux de 45000 tonnes et d'une centrale à vapeur d'une capacité de 160 tonnes/heure pour les deux raffineries sucre et huile et 4 silos de stockage de sucre blanc.

#### ✓ Le conditionnement :

CEVITAL Agro-industrie a une autonomie complète pour le conditionnement et un savoir faire incontesté en plastique (la fabrication de préformes, pognées et bouchons, la mise en bouteille, étiquetage...)

CEVITAL Agro-industrie possède des machines récentes, à la pointe de la technologie, et offre des emballages modernes et paratiques, en plusieurs formats, pour une large gamme de produits :

- Conditionnement des huiles : 0.75L, 1L, 1.8L, 2L, 4L, 5L, 10L, en forme ronde ou à poignée...
- Conditionnement des margarines : plaquettes (200g, 250g, et 500g) et braquettes (400g, 500g, 900g, 1.8kg).
- Conditionnement du sucre.
- Conditionnement des boissons.

### 1.1.12 Les capacités financières

A sa création en 1999, Cevital a investi 3819 millions de dinars, dont 1571 millions de dinars de fonds propres, cependant les propriétaires se sont lancés dans

plusieurs autres projets.

### 1.1.13 Les capacités en ressources humaines

L'effectif est passé de 456 à sa création à 1807 personnes en février 2007. Les employés sont répartis selon leurs catégories socioprofessionnelles, comme présenté dans le tableau suivant :

CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES	EFFECTIF	%
AGENTS D'EXECUTIONS	1177	65%
AGENTS DE MAITRISE	232	13%
CADRES MOYEN	323	18%
CADRES SUPERIEURS	57	3%
CADRES DIRIGENT	18	1%
TOTAL	1807	100%

FIGURE 1.2 – L'effectif des employés selon la catégories socioprofessionnelles .

**Commentaires :** Ce tableau fait ressortir que 65 pourcent de l'effectif sont des agents exécutants, 18 pourcent des cadres moyens, 13 pourcent des agents de maîtrise, 3 pourcent des cadres supérieurs et 1 pourcent des cadres dirigeants.

## 1.2 Le processus de distribution de Cevital

### 1.2.1 Quelques définitions :

Avant d'aborder spécifiquement le processus de distribution, définissons quelques termes utilisés dans le jargon de distribution au sein de CEVITAL.

## 1. Plateformes

ce sont des zones de stockage externes qui sont propres à l'entreprise CEVITAL. Il existe trois plateformes dont la capacité de stockage est importante pour l'entreprise : une au centre qui est celle de Bouira dont sa capacité de stockage est de 50000 palettes , une autre à l'ouest qui est celle de HassiAmmeur à Oran qui a une capacité de stockage est de 25000 palettes et une à l'est qui est celle d'El Kharoub Constantine. C'est à partir de ces plateformes que l'alimentation des CLR (centre de livraison régionale) s'effectue selon le besoin.

## 2. Le cross-docking

Le cross-docking (CD) est une stratégie logistique dans laquelle les produits enlevés chez un ensemble de fournisseurs sont "consolidés" lors d'un passage par une plateforme logistique (ou entrepôt) avant d'être livrés en aval chez un ensemble de destinataires. La consolidation consiste à réceptionner à l'entrepôt les produits provenant des différents véhicules, les trier et les classer en fonction de leurs destinations finales.

## 3. Les CLR (centre de livraison régionale)

Les CLR ne sont pas des zones de stockage, car ils fonctionnent à base du principe Cross- Doc King (terme anglais qui signifie aroisement des flux ), c'est à dire que toute entrée au CLR sera vendue.

Les CLR's sont parmi les nouvelles stratégies adaptées par Cevital en 2014, dans le but de réduire la pression sur le complexe, de rapprocher beaucoup plus la marchandise au client et aussi pour tenir sa place sur le marché en faisant face à la concurrence .

Cevital dispose de 18 CLR (sont objectif est d'atteindre 34 CLR's au niveau du territoire algérien à la fin de l'année 2016).

Chaque CLR dispose d'un représentant mené d'un portefeuille client, dont chaque CLR à ses propres clients.

## 4. keep contact

C'est un prestataire de service, disposé d'un centre d'appel et assure la prise des commandes clients de leurs clients, dont sont client principale CEVITAL.

### 1.2.2 Les types de la clientèle de CEVITAL

#### ✓ Les clients CLR

Ils représentent les clients qui s'alimentent directement auprès des CLR, auxquels ils appartiennent. On compte les grossistes et les détaillants :

- **Les Grossistes** : qui sont des intermédiaires entre le producteur et le détaillant : sa fonction permet de réduire les coûts logistiques.
- **Le détaillant** : il est placé entre le grossiste et le consommateur final. Dans cette politique de distribution, c'est au détaillant de chercher les produits chez les grossistes.

Ces derniers sont représentés par le keep contacte, qui est un prestataire de CEVITAL : il dispose d'une base de données qui contient tous les clients de l'entreprise. Sa fonction est :

- la prise des commandes grossistes au quotidien .
- Transmission du carnet de commande ou IA (intention d'achat) à différentes structures .
- Informer les clients sur les actions promotionnelle .
- Transmission des doléances clients.

#### ✓ **Les clients hors CLR**

Sont l'ensemble des entreprises et des commerçants, qui s'alimentent des produits soit à partir du complexe, soit au niveau des plateformes. Dans ce cas ,il y a deux types de programmes, B to B (business to business) et B to C (business to customer).

- **B to B** : ce sont les entreprises qui utilisent les produits de l'entreprise CEVITAL comme matière première. Exemple : le sucre pour la fabrication du chocolat ou des boissons.
- **B to C** : pour les clients dont ces produits destinés à la consommation finale, et cela par la non disponibilité des CLR dans leur région.Exemple : les grossistes de Boussaâda.

### 1.2.3 La distribution :

la distribution est l'ensemble des activités qui s'exercent depuis le moment où le produit sous sa forme d'utilisation entre dans le magasin commercial du producteur ou du dernier transformateur, jusqu'au moment où le consommateur en prend possession. »[7]En d'autres termes la distribution est un processus qui prend fin à l'acte d'achat.

### 1.2.4 Le processus de distribution de l'entreprise CEVITAL

Malgré les modifications effectuées au niveau du système de distribution de ses produits agroalimentaire, CEVITAL a gardé les mêmes circuits de distribution.

Avant, l'entreprise possédait deux plateformes (ouest, Centre), qu'elle alimente chaque jour afin de stocker ces produits.

Avant, les distributeurs se déplacent vers le complexe ou les plateformes pour l'acquisition de leurs produits, mais l'encombrement et le manque de moyen de transport ainsi que l'insatisfaction et les réclamation des clients pour la qualité du services a poussé l'entreprise à opter pour une meilleure stratégie de distribution qui est l'implantation des CLR et d'une autre plateforme qui se situe à l'est du pays ( El kharoub, Constantine ), et la réalisation du projet DIAPASON fin 2017.

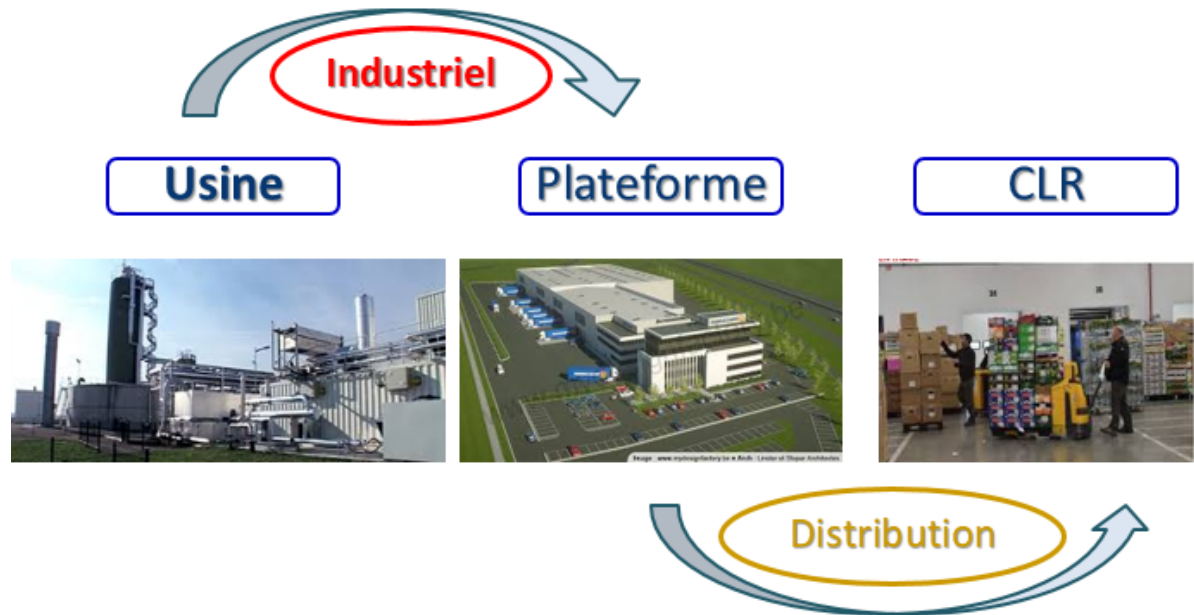


FIGURE 1.3 – les flux industriel et distribution de CEVITAL

Dans ce système, une fois les produits finis, ils sont transférés de l'usine (les trois unités de production) pour alimenter les différentes plateformes de stockage (flux industriel). puis à partir des plateformes pour alimenter les CLR pour livrer enfin au différents distributeurs (flux distribution).

Voici un tableau des différents CLR et qui montre pour chaque CLR la plateforme qui l'alimente :

Plateformes	Est	Centre	Ouest
CLR	25- Constantine	15-Tizi-Ouzou	31-Oran
	04-Oum Al Bouaghi	16-Alger	13-Tlemcen
	05-Batna	26- Médéa	22- Sidi bel Abbas
	23- Annaba	09- Blida	27- Mostaganem
		35- Boumerdass	29- Mascara
		06- Bejaia	14- Tiaret
		19- Sétif	48- Relizan

Source : donnée par l'entreprise

FIGURE 1.4 – Classification des CLR selon les plateformes .

### 1.3 Position du problème

Ce mémoire examine le cas réel de distribution des produits agro-alimentaires, le groupe Cevital offre de multiples produits agro-alimentaires comme le sucre, l'huile, l'eau et bien d'autre.

L'entreprise CEVITAL faisait elle même la distribution de ces produits avec ses propres moyens de transport géré par la direction logistique. Mais la forte demande et l'encombrement au niveau du complexe ainsi que le manque de moyens de transport a poussé l'entreprise de confier la distribution de ces produits à un prestataire de service nommé « NUMILOG » , qui assure le transport des produits de cevital du complexe à l'extérieur (clients directs, CLR, plateformes).

Dans ce mémoire on s'intresse à une partie du transport des produits de CEVITAL .Avec l'apparition du système de distribution "DIAPAZON" les CLR s'alimente uniquement par les plateformes, l'objectif est de mettre en place une bonne gestion de transport afin de répondre au mieux aux différentes demandes journalière de chaque CLR .

Les camions de marchandises utilisés sont de deux types et-se différent par apport à la remorque :

- Remorque de type maraicher : d'une capacité de 26 palettes destinées pour transporter les produits standard (eau minérale, jus, huile, sucre), et pouvant jumeler plusieurs produits dans une seule rotation .
- Remorque frigorifique : d'une capacité de 26 palettes, destinées pour transporter les produits qui nécessitent une basse température (smen, matina) .

Comme les deux types ont la même capacité et transportent tout deux des produits agro-alimentaire, on peut considérer que les camions utilisés sont homogènes.

La flotte de NUMILOG étant limitée, NUMILOG est contrainte de faire appel à des prestataires privés, afin d'assurer la livraison des besoins de chaque CLR. Le but de notre travail est de fournir un modèle, qui fournira le transport nécessitant un minimum de camions afin de minimiser les frais de location.

## Conclusion

Cevital contribue largement au développement de l'industrie agro-alimentaire et ces activités se sont avérées hautement rentables. Elles ont permis à l'Algérie de diminuer sensiblement ses importations de sucre, d'huile et de margarine, renforçant ainsi la balance commerciale du pays. Cevital exporte son excédent de production dans les pays voisins et européens.

Cevital a accordé une très grande importance au système de distribution de ses différents produits, ce qui l'a poussé à effectuer plusieurs modifications afin d'atteindre ses objectifs, en basculant du système classique au système CLR, avant d'adopter récemment le système DIAPASON.



# Chapitre 2

## Le transport routier de marchandises au sein de la chaîne logistique

### Introduction

Les tendances de la mondialisation des approvisionnements, l'importance de la concurrence, les exigences des clients, la qualité de service logistique (transport, distribution), sont autant de facteurs qui ont largement mis en évidence la nécessité pour les managers d'améliorer le fonctionnement de leurs entreprises. En effet avec une forte concurrence sur les marchés, le but est désormais de produire et de livrer dans des délais précis, à des coûts réduits, en satisfaisant des niveaux de service élevés, exigés par des clients géographiquement éloignés. Ce paradoxe entre les coûts de production d'un côté, et les coûts de transport et de stockage de l'autre côté, incite les entreprises à donner de plus en plus d'importance à une prise en compte de toutes leurs activités, simultanément, pour mieux réduire le coût global. Le concept de la chaîne logistique a émergé avec cet objectif d'optimisation globale du système logistique.

Ce présent chapitre est divisé en deux sections, la première est dédiée au cadre conceptuel de la logistique dans l'entreprise. La deuxième section se focalise sur le transport .

### 2.1 La logistique d'entreprise

La logistique à trait à l'ensemble des opérations qui permettent de mettre à disposition le bon produit au bon moment, au bon endroit à moindre coût.

### 2.1.1 Définitions de la logistique

On peut définir la logistique comme l'ensemble des activités ayant pour but la mise en place, au moindre coût, d'une quantité de produits, à l'endroit et au moment où une demande existe. La logistique concerne donc toutes les opérations déterminant le mouvement des produits : localisation des usines et des entrepôts, approvisionnement, gestion physique des encours de fabrication, emballage, stockage et gestion des stocks, manutention et préparation des commandes, transport et tournées de livraison.[18]

Sommairement, on peut définir la logistique comme étant un mode de gestion qui regroupe l'ensemble des opérations physiques dans l'entreprise. Dès 1948, le comité de l'American Marketing Association définit la logistique comme le déplacement et la manutention de biens du point de production jusqu'au point de consommation ou d'utilisation [21].

Cette approche de la logistique ne prend en compte que la partie transport et distribution. Quelques années après, en 1973, « gestion de toutes les activités qui contribuent à la circulation des produits et à la coordination de l'offre et de la demande dans la création d'utilités par la mise à disposition de marchandises en un lieu et un moment donné ». Il donnera par la suite, en 1977, l'un des grands experts en logistique, James L. Heskett propose la définition suivante où il insistera davantage sur la notion de niveau de service, cela amènerait à une optimisation des coûts. Selon J. L. Heskett, la logistique réunit les fonctions qui gèrent les flux de marchandises, « la coordination des ressources et des débouchés », en effectuant un taux de service fixé pour un coût réduit [15] .

En ce qui concerne l'entreprise, la définition de logistique a pris sa base dans le domaine militaire et bien entendu a été adaptée. Des experts en logistique et transport ont aujourd'hui encore une approche semblable à celle de D. Tixier et il est indiqué sur leur site que la logistique correspond à l'art de gérer les différents flux pour un meilleur coût. Cela concerne à la fois les flux de produits, mais aussi, et surtout les flux d'informations associés aux flux physiques, du fournisseur initial jusqu'au client final : le consommateur. La logistique permet l'adéquation entre la demande, qui émane des clients et l'offre proposée par les industriels, cela implique également une meilleure rentabilité des investissements .

Cette explication détermine bien les différents flux qui interviennent dans la logistique et la différence est notable avec les précédentes définitions.

En résumé, on peut dire que la logistique correspond à la gestion des flux financiers, informationnels, physiques que va rencontrer l'entreprise. La logistique

est essentielle pour la firme, car c'est cette dernière qui va permettre l'optimisation des ressources et la réduction des coûts.

Selon Donald J. Bowerson et David J. Closs [5], pour atteindre la performance logistique, la firme doit arriver à combiner différents éléments :

1. L'information est nécessaire et indispensable aux échanges et permet la planification de la production. Les technologies, l'Échange de Données informatisées permet d'obtenir des informations plus fiables et en temps réel.
2. L'entreposage, la manutention et l'emballage ne doivent pas être négligés. Ce sont des fonctions qui vont impacter directement la qualité des produits, la capacité de livrer rapidement le client ainsi que la mise en place d'une traçabilité des biens.
3. Le stockage va être déterminant pour le niveau de service rendu au client. L'entreprise va chercher à limiter les investissements ainsi que les coûts liés aux stocks.
4. Le transport est un élément important et présent dans l'entreprise depuis longtemps. La tendance est à la réduction des coûts de transport.
5. La mise en place d'un réseau logistique est l'élément essentiel de la performance logistique, car elle va désigner le nombre d'acteurs, les tâches respectives et leur emplacement. Il s'agit des usines, des magasins, des entrepôts. . .

Ces différentes composantes doivent être inter relié entre elles pour pouvoir atteindre une logistique performante.

### 2.1.2 fonctions gérées par la logistique :

Dans les entreprises de production, la logistique recouvre plusieurs fonctions (transport, stockage, manutention. etc...) de ce fait on distingue plusieurs logistique selon la fonction gérée.

1. **La logistique d'approvisionnement** : L'approvisionnement est l'ensemble des activités qui contribuent à l'acquisition des matières ou des services dont a besoin l'entreprise pour son fonctionnement. La logistique d'approvisionnement permet la gestion de ces activités.
2. **La logistique de production** : La chaîne de production est l'ensemble des ressources matérielles (machines/équipements) et technologiques utilisés pour la transformation des matières premières en produits semi-finis ou finis. La logistique de production permet d'apporter au lieu de production ces ressources nécessaires à la production et à planifier la production. Cette logistique s'occupe de la gestion de production au complet.

3. **La logistique de stock** :Le stockage c'est de garder des matières et des produits, en attendant de les utiliser ou de les mettre en vente. La logistique de stock permet la gestion des entrepôts de stockage des marchandises avec des finalités spécifiques, et assurer un environnement optimal pour la protection de la marchandise et la préservation de la conformité du produit.
4. **La logistique de distribution** :La distribution permet de livrer les produits semi-finis ou finis vers les consommateurs. La logistique de distribution rassemble les activités mises en oeuvre pour fournir les consommateurs en produits finis.
5. **La logistique inverse (retour)** :Le retour permet l'acheminement, des marchandises avariées, ou l'emballage vide du lieu de consommation au lieu de fabrication. Ces marchandises sont retournées pour réutilisation, réparation, recyclage ou destruction définitive. La logistique de retour permet d'assembler les activités qui contribuent à cet acheminement.
6. **La logistique des transports** :Le transport c'est l'ensemble des moyens utilisés pour déplacer les marchandises. La logistique des transports permet la gestion de ces principales activités : la détermination des réseaux de transport, la planification des transports et la gestion du parc de véhicules.

### 2.1.3 Planification des transports :

La planification des transports consiste à fixer les quantités, les dates et les lieux d'acheminement des marchandises. En tenant compte de la capacité de transport disponible et du taux de chargement des véhicules.

### 2.1.4 Gestion du parc de véhicule :

La gestion du parc de véhicule est la gestion administrative et technique des véhicules de transport. Elle regroupe l'ensemble des activités qui permet de suivre l'utilisation des véhicules et de garantir la disponibilité de ces derniers pour d'éventuels besoins de transport.

## 2.2 La chaîne logistique et le transport

### 2.2.1 La chaîne logistique

Une chaîne logistique est l'ensemble des maillons relatifs à la gestion d'achats, d'approvisionnement, gestion des stocks, transport, manutention etc.

«La SCM (Supply Chain Management ou chaîne logistique) désigne les outils et méthodes visant à améliorer et automatiser l'approvisionnement en réduisant les

stocks et les délais de livraison. On parle ainsi de travail en "flux tendu" dont le but est d'accélérer les flux de matières dans l'entreprise. Une caractéristique majeure est donc l'ajustement des stocks sur toutes les chaînes logistique et de production afin de limiter le temps d'écoulement entre le fournisseur du fournisseur et le client final» [22].

### **2.2.2 La gestion de la chaîne logistique (supply chain management) :**

La gestion de la chaîne logistique est l'ensemble des méthodes et outils utilisé pour améliorer la gestion des flux physiques et d'informations au sein de l'entreprise avec son environnement externe. Elle s'effectue grâce aux systèmes d'informations de l'entreprise. Pour que celle-ci soit performante, l'entreprise doit utiliser la télétransmission des informations et les EDI (échange de données informatisées).

Les principales fonctions de la chaîne logistique sont : l'approvisionnement, la production, la distribution et la vente. Voici une figure qui représente le schéma simplifié d'une chaîne logistique.

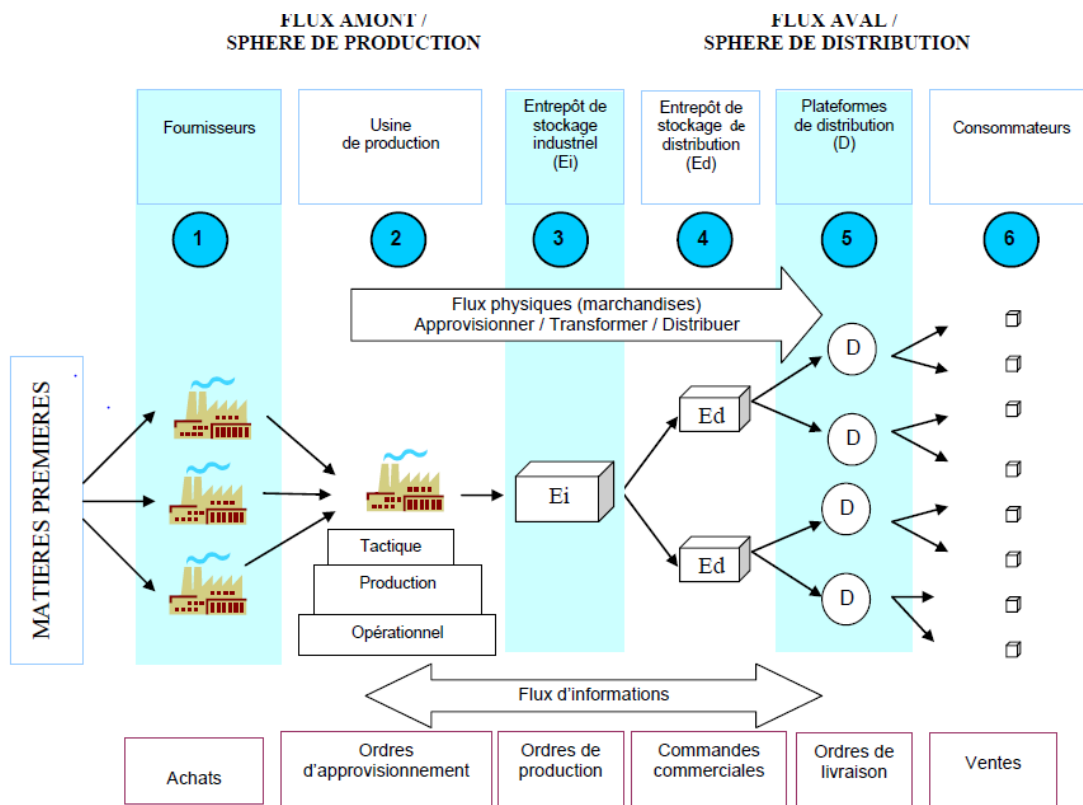


FIGURE 2.1 – principe de fonctionnement d’une chaîne logistique .

- étapes 1 à 3 : le flux amont de la chaîne consiste à produire le bien à mettre en vent, Cette étape nécessite la gestion des flux de matières entrant et sortant de l’unité de production : c’est **la logistique industrielle**.
- étape 4 à 6 : le flux aval de la chaîne Dès lors que les biens sont produits, ils sont distribués au consommateur final (commerce, tierce personne) : C’est la phase de **Distribution**

### 2.2.3 La place du transport routier :

Depuis la révolution industrielle, les transports ne cessent de se développer. Les déplacements et les échanges sont de plus en plus variés et sur des distances plus grandes.

Pour les transports des marchandises ils se font de plus en plus sur des régions géographiques diversifiées et à base de plusieurs modes de transport : air mer route. . .

Le transport est un facteur crucial de compétitivité et donc une condition de succès pour l’entreprise. Cette fonction doit être dans la structure de l’entreprise

(plan stratégique) et dans sa chaîne logistique, en amont, en aval, inverse et même à l'intérieur de l'entreprise.

#### **2.2.4 Les offres de transport :**

Plusieurs critères permettent de catégoriser les différentes offres de transport routier de marchandises.

Ces critères portent notamment sur : la taille des colis transportés, la complexité des prestations de transport offertes, la rapidité du transport, le mode de calcul du prix de transport. Quelques offres de transport sont présentées et analysées ci-dessous.

##### **1. L'affrètement :**

Dans le cas de l'affrètement ou transport de lot complet, l'intégralité de la capacité d'un véhicule est utilisée pour satisfaire la demande de transport d'un client. Il n'y a pas de rupture de charge durant l'acheminement et le transport s'effectue directement d'un point à un autre.

##### **2. Le groupage :**

Le transport avec groupage a la spécificité d'exiger du transporteur qu'il ait recours à des plateformes pour effectuer le groupage et le dégroupage des marchandises. Le groupage consiste à ramasser des colis provenant de plusieurs expéditeurs pour plusieurs destinataires différents. Après cette phase, un transport par lot complet est effectué pour transporter les produits collectés de la plateforme de groupage à la plateforme de dégroupage. Dans la plateforme de dégroupage, l'organisation de la livraison des marchandises aux destinataires finaux est effectuée.

#### **2.2.5 La fonction distribution/transport :**

La partie distribution dans la fonction transport/distribution consiste à écouler les produits finis vers les clients finaux. Elle nécessite l'exécution d'un ensemble d'activités et la gestion des réseaux de distributions telles que les plateformes de stockage. Les activités concernent respectivement la réception des commandes, la définition des délais de livraison, la planification des livraisons et l'expédition.

La partie transport dans la fonction distribution/transport se décompose en trois principales activités : le dimensionnement du réseau de transport, la planification des tournées, la gestion de la flotte de véhicules.

1. Le dimensionnement du réseau du transport consiste par exemple à déterminer les noeuds ou sommets successifs du réseau de transport à visiter.

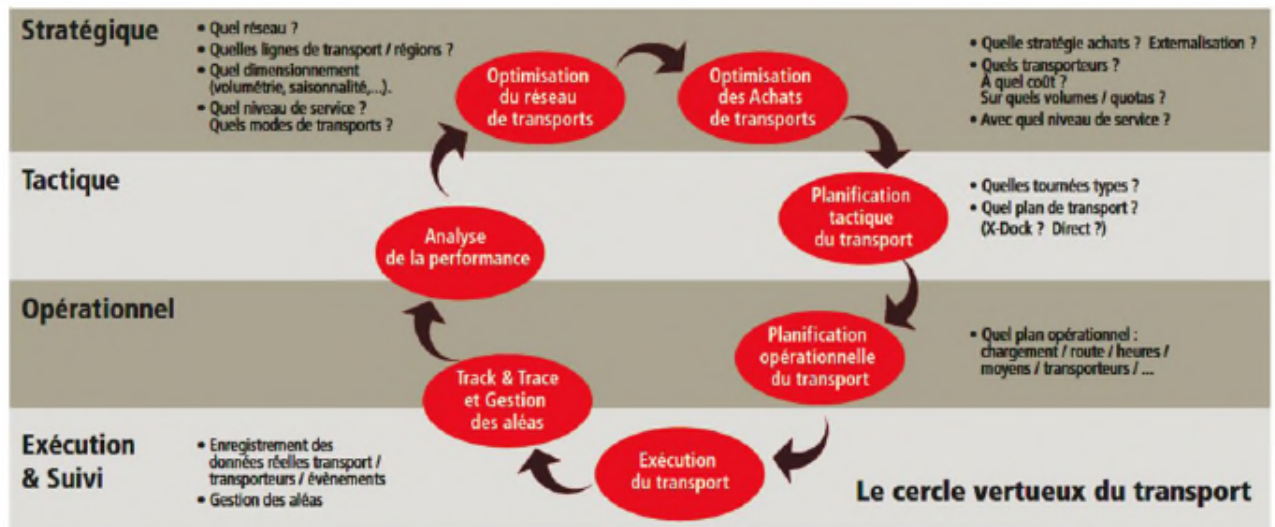
2. La planification des tournées a pour objet la détermination des tournées d'une flotte de véhicules homogène ou hétérogène afin de satisfaire la demande d'un ensemble de clients. La demande peut consister en un transport point à point d'un objet à un autre, ou d'une demande d'intervention (maintenance, réparation), etc. L'objectif est de déterminer pour chaque véhicule de la flotte une feuille de route qui permet, tout en satisfaisant les demandes des clients, de réduire les coûts de transport. La planification permet ainsi de faire de manière anticipatoire des arbitrages et équilibrages nécessaires en fonction de la capacité de transport disponible et du taux effectif du remplissage des véhicules.

### **2.2.6 Les différents niveaux de décision**

Pour faire du transport un véritable vecteur de compétitivité et de performance, les décisionnaires doivent prendre plusieurs décisions qui sont d'ordres stratégiques, tactiques, opérationnels et temps réel.

La figure qui représente le cercle vertueux du transport propose une représentation stratifiée de ces différents niveaux de décision ainsi que les questions afférentes à ces niveaux.





Source : La gestion des transports et les TMS. [http://www.acteos.com/build/client/Article\\_Presse/PDF/20100616-TIL-dossier.special.TMS.PDF](http://www.acteos.com/build/client/Article_Presse/PDF/20100616-TIL-dossier.special.TMS.PDF), 2010, Page 14.

FIGURE 2.2 – Le cercle vertueux du transport

- **Le niveau de décision opérationnel :** Les décisions d'ordre opérationnelles relatives au pilotage des différentes fonctions de la chaîne logistique en général et du transport en particulier couvrent un horizon de quelques jours à environ une semaine.

Il s'agit ici des décisions qui portent sur les tournées qui seront effectivement générées pour satisfaire les demandes de transport. Suite à l'occurrence d'un aléa ou à un événement perturbateur qui empêche l'exécution normale d'une tournée initialement prévue, il peut être nécessaire de reconfigurer une tournée de transport pour garantir une certaine performance.

La décision portant sur la nécessité d'une reconfiguration est dite « temps réel » et couvre un horizon de temps allant de la minute à l'heure en fonction de la politique choisie.

## Conclusion

La logistique est une tâche très importante dans les entreprise, elle permet la gestion et le contrôle des activités afin de réduire les coûts et augmenté le chiffre

d'affaire .

Le transport par voie routière joue un rôle clé dans la performance de la chaîne logistique. En effet, il est le support du déplacement des flux physiques dans cette chaîne depuis l'acquisition des matières premières, jusqu'à la distribution du produit final aux clients ou consommateurs. Aujourd'hui, la maîtrise de l'activité du transport est une nécessité absolue pour des industries sujettes à une concurrence exacerbée et des problématiques environnementales et économiques.

# Chapitre 3

## Généralités sur les problèmes d'ordonnancement

### Introduction

L'ordonnancement est une branche de la recherche opérationnelle et de la gestion de la production qui vise à améliorer l'efficacité d'une entreprise en termes de coûts de production et de délais de livraison. Les problèmes d'ordonnancement sont présents dans tous les secteurs d'activités de l'économie, depuis l'industrie manufacturière [17] jusqu'à l'informatique [4].

La théorie de l'ordonnancement traite des modèles mathématiques mais analyse également des situations réelles complexes. L'ordonnancement est lié à plusieurs secteurs de recherches et d'activités très variés.

Ce chapitre constitue deux principales sections dédiées à un rappel de quelques notions de base relatives aux problèmes d'ordonnancement et une autre qui est consacrée à la présentation des méthodes de résolution des problèmes d'optimisation (tel que les problèmes d'ordonnancement).

### 3.1 Généralités sur l'ordonnancement

Ordonner le fonctionnement d'un système industriel de production consiste à gérer l'allocation des ressources au cours du temps, tout en optimisant au mieux un ensemble de critères [19]. C'est aussi programmer l'exécution d'une réalisation en attribuant des ressources aux tâches et en fixant leurs dates d'exécution [10].

Ordonner peut également consister à programmer l'exécution des opérations en leur allouant les ressources requises et en fixant leurs dates de début de fabrication. D'une manière plus simple, un problème d'ordonnancement consiste à affecter

des tâches à des moyens de fabrication au cours du temps pour effectuer un ensemble de travaux de manière à optimiser certain(s) critère(s), tout en respectant les contraintes techniques de fabrication.

L'ordonnancement se déroule en trois étapes qui sont :

1. La planification, qui vise à déterminer les différentes opérations à réaliser, les dates correspondantes, et les moyens matériels et humains à y affecter.
2. l'exécution, qui consiste à mettre en oeuvre les différentes opérations définies dans la phase de planification.
3. le contrôle, qui consiste à effectuer une comparaison entre planification et exécution, soit au niveau des coûts, soit au niveau des dates de réalisation.

Ainsi, le résultat d'un ordonnancement est un calendrier précis de tâches à réaliser qui se décompose en trois importantes caractéristiques :

1. l'affectation, qui attribue les ressources nécessaires aux tâches,
2. le séquençement, qui indique l'ordre de passage des tâches sur les ressources,
3. le datage, qui indique les temps de début et de fin d'exécution des tâches sur les ressources. La solution d'un problème d'ordonnancement général doit répondre à deux questions :
4. quand ?
5. avec quels moyens ?

Une solution répondant à ces questions est appelée ordonnancement. Une méthode permettant de construire un ordonnancement est appelée algorithme ou méthode de résolution. Un ordonnancement réalisable est un ordonnancement qui respecte toutes les contraintes du problème. Nous utilisons le terme "ordonnancement", pour simplifier, pour représenter un ordonnancement réalisable.

## **3.2 Les données d'un problème d'ordonnement**

Les différentes données d'un problème d'ordonnement sont les tâches, les ressources, les contraintes et les critères.

Ainsi, étant donné un ensemble de tâches et un ensemble de ressources, il s'agit de programmer les tâches et affecter les ressources de façon à optimiser un ou plusieurs objectifs (un objectif correspondant à un critère de performance), en respectant un ensemble de contraintes.

### 3.2.1 Les tâches

Une tâche est une entité élémentaire de travail localisée dans le temps par une date de début et une date de fin d'exécution et qui consomme des ressources avec des quantités déterminées. Un coût (ou poids) est attribué à une tâche pour estimer sa priorité, son degré d'urgence, ou son coût d'immobilisation dans le système.

On distingue deux types de tâches :

- Les tâches morcelables (préemptives) qui peuvent être exécutées en plusieurs fois, facilitant ainsi la résolution de certains problèmes,
- Les tâches non morcelables (indivisibles) qui doivent être exécutées en une seule fois.

Dans ce mémoire, la tâche (job) se définit par un ensemble d'opérations associées à la délivrance d'une prestation de service.

On note en général  $N = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$  l'ensemble des tâches, chaque tâche est caractérisée par :

- La durée opératoire de la tâche  $i$  sur la machine  $j$  :  $(p_{ij})$ .
- La date de disponibilité de la tâche  $i$  :  $(r_i)$ .
- La date de début d'exécution de la tâche  $i$  :  $(s_i)$ .
- La date de fin d'exécution de la tâche  $i$  :  $(C_i)$ .
- La date d'achèvement souhaitée de la tâche  $i$  :  $(d_i)$ .
- Le facteur de priorité ou poids de la tâche  $i$  :  $(w_i)$ .
- Le retard algébrique de la tâche  $i$  :  $(L_i = C_i \checkmark d_i)$ .
- Le retard vrai de la tâche  $i$  :  $(T_i = \max(C_i \checkmark d_i, 0))$ .
- L'indicateur de retard de la tâche  $i$  :  $(U_i = 1, \text{ si } T_i > 0, U_i = 0, \text{ sinon})$ .

### 3.2.2 Les ressources

Une ressource est un moyen technique ou humain, destiné à être utilisé pour la réalisation d'une tâche et disponible en quantité limitée [11]. On note en général  $M = M_1, M_2, \dots, M_m$  l'ensemble des ressources. Plusieurs types de ressources sont à distinguer.

#### 1. Les ressources renouvelables

Une ressource est dite renouvelable, si après avoir été utilisée par une tâche ou allouée à une tâche, elle redevient disponible pour les autres tâches en même quantité. La quantité disponible est renouvelée d'une tâche à une autre, elle peut être constante, comme elle peut varier d'une tâche à une autre. Exemples de ressources renouvelables : les machines, les ressources

humaines et les outils informatiques.

## 2. Les ressources non renouvelables

Une ressource est non renouvelable (ou consommable), si après avoir été utilisée par une tâche, elle n'est plus disponible pour les autres tâches. La consommation globale en cours du temps est limitée, on dit que la ressource est épuisée en l'utilisant. Exemples de ressources consommables : le capital (ou budget), le carburant, l'énergie dans une batterie, la matière première,...

Les ressources non renouvelables sont généralement produites dans un système indépendant de la machine sur laquelle les tâches sollicitant cette ressource sont exécutées. Toutefois, certains problèmes peuvent exister où certaines tâches produisent des ressources qui peuvent être consommées plus tard par d'autres tâches.

Les ressources non renouvelables peuvent également être stockées dans un ou plusieurs dépôts (entrepôts, magasins ou warehouses) ayant une capacité de stockage. Les ressources peuvent éventuellement avoir un stock initial dans un ou plusieurs dépôts.

### 3. les ressources disjonctives (ou non partageables)

qui ne peuvent exécuter qu'une tâche à la fois (machine, robot) ;

### 4. les ressources cumulatives (ou partageables)

qui peuvent être utilisées par plusieurs tâches simultanément (équipe d'ouvriers).

Durant la consommation des ressources, la condition générale qui doit toujours être satisfaite est que la quantité totale de la ressource demandée par les tâches ne doit pas dépasser la quantité totale disponible.

## 3.2.3 Les contraintes

Suivant la disponibilité des ressources et suivant l'évolution temporelle, deux types de contraintes peuvent être distingués : contraintes de ressources et contraintes temporelles.

1. Les contraintes de ressources : plusieurs types de contraintes peuvent être induites par la nature des ressources. A titre d'exemple, la capacité limitée d'une ressource implique un certain nombre, à ne pas dépasser de tâches à exécuter sur cette ressource. Les contraintes relatives aux ressources peuvent être disjonctives, induisant une contrainte de réalisation des tâches sur des intervalles temporels disjoints pour une même ressource, ou cumulatives impliquant la limitation du nombre de tâches à réaliser en parallèle.

2. Les contraintes temporelles : elles représentent des restrictions sur les valeurs que peuvent prendre certaines variables temporelles d'ordonnancement. Ces contraintes peuvent être :
3. Des contraintes de dates butoirs, certaines tâches doivent être achevées avant une date préalablement fixée, des contraintes de précédence, une tâche  $i$  doit précéder la tâche  $j$ ,
4. Des contraintes de dates au plus tôt, liées à l'indisponibilité de certains facteurs nécessaires pour commencer l'exécution des tâches.

### 3.2.4 Les critères

Un critère correspond à des exigences qualitatives et quantitatives à satisfaire permettant d'évaluer la qualité de l'ordonnancement établi. Les critères dépendant d'une application donnée sont très nombreux ; plusieurs critères peuvent être retenus pour une même application. Le choix de la solution la plus satisfaisante dépend du ou des critères préalablement définis, pouvant être classés suivant deux types, réguliers et irréguliers.

Les différents critères ne sont pas indépendants ; certains même sont équivalents. Deux critères sont équivalents si une solution optimale pour l'un est aussi optimale pour l'autre et inversement.

Les critères réguliers constituent des fonctions décroissantes des dates d'achèvement des opérations. Quelques exemples sont cités ci-dessous :

- La minimisation des dates d'achèvement des actions,
- La minimisation du maximum des dates d'achèvement des actions,
- La minimisation de la moyenne des dates d'achèvement des actions,
- La minimisation des retards sur les dates d'achèvement des actions,
- La minimisation du maximum des retards sur les dates d'achèvement des actions.

Les critères irréguliers ne sont pas des fonctions monotones des dates de fin d'exécution des opérations, tels que :

- La minimisation des encours,
- La minimisation du coût de stockage des matières premières,
- L'équilibrage des charges des machines,
- L'optimisation des changements d'outils.

La satisfaction de tous les critères à la fois est souvent délicate, car elle conduit souvent à des situations contradictoires [19] et à la recherche de solutions à des problèmes complexes d'optimisation multicritères.

Les critères les plus utilisés font intervenir la durée totale, les retards et le coût des stocks des encours.

Minimiser la durée totale : La durée totale de l'ordonnancement notée  $C_{max}$  est égale à la date d'achèvement de la tâche la plus tardive :  $C_{max} = \max(C_i)$ . Minimiser la durée totale, revient à minimiser  $C_{max}$  c'est-à-dire  $\min(\max(C_i))$ .

Minimiser les retards : On peut rencontrer plusieurs problèmes dans lesquels il faut respecter les délais  $d_i$ . Les critères retenus sont les retards vrais  $T_{max} = \max(T_i)$  et les retards algébriques  $L_{max} = \max(L_i)$ . Parfois on retient le nombre de tâches en retard  $\sum_{i=1}^n U_i$ .

Minimiser les encours : Les encours sont déterminés par le temps de présence des tâches dans le système :  $F_i = C_i - r_i$ . Le critère essentiel est de minimiser la somme de ces temps  $\sum_{i=1}^n F_i$ . Lorsqu'on tient compte des coûts de présence des tâches dans le système ou de leur importance, on attache un poids  $w_i$  au temps de présence, le critère devient  $\sum_{i=1}^n w_i F_i$ . Puisque les dates de disponibilité  $r_i$  sont fixées (constantes), on retient seulement le critère  $\sum_{i=1}^n C_i$  (somme de la date de fin d'exécution) et le critère  $\sum_{i=1}^n w_i * C_i$ , (somme pondérée des dates de fin d'exécution).

### 3.3 Classification des problèmes d'ordonnement

Les problèmes d'ordonnement sont généralement classés en deux principaux problèmes : problèmes d'ordonnement à une opération (machine unique et machines parallèles) et problèmes d'ordonnement à plusieurs opérations (flow-shop, open shop et job shop).

#### 3.3.1 Problèmes à une opération

– **Problème à machine unique**

Dans un problème à machine unique, l'ensemble des tâches à réaliser est exécuté par une seule machine. L'une des situations intéressantes où on peut rencontrer ce genre de configurations est le cas où on est devant un système de production comprenant une machine goulot qui influence l'ensemble du processus. Ce modèle est illustré dans la figure la suivante :



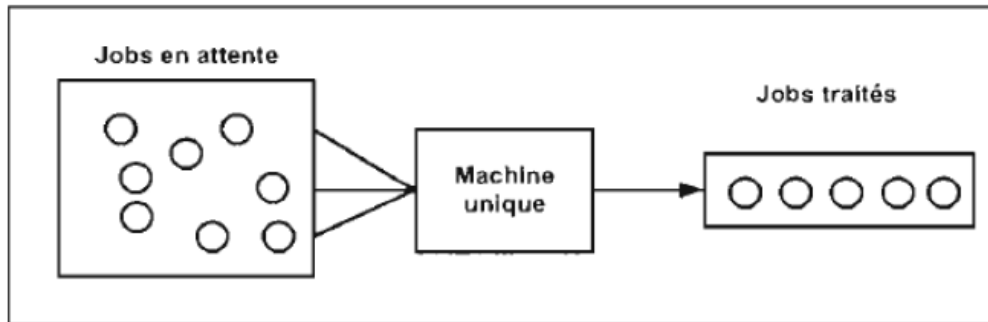


FIGURE 3.1 – Modèle à machine unique.

– **Problème à machines parallèle**

Le deuxième problème est le problème à machine parallèle. Ce modèle est utilisé surtout dans les secteurs industriels tels que : l'industrie alimentaire, les industries plastiques, les fonderies et en particulier l'industrie textile. Le processus de déroulement de ce système de production est le suivant : à chaque fois qu'une machine  $i$  se libère, on lui affecte un job  $j$  comme illustré à la Figure ci-après. Dans le cas d'un processus d'assemblage industriel, par exemple, si l'une des étapes d'assemblage nécessite beaucoup de temps, il serait très intéressant alors d'avoir plusieurs machines parallèles qui effectuent la même tâche. D'un autre côté, les machines parallèles sont classées suivant leur rapidité. Si toutes les machines de l'ensemble ont la même vitesse de traitement et effectuent les mêmes tâches, elles sont identiques. Si les machines ont des vitesses de traitement différentes mais linéaires alors elles sont dites uniformes. Dans le cas où les vitesses des machines sont indépendantes les unes des autres, on parle alors de modèle de machines parallèles non reliées ou indépendantes.

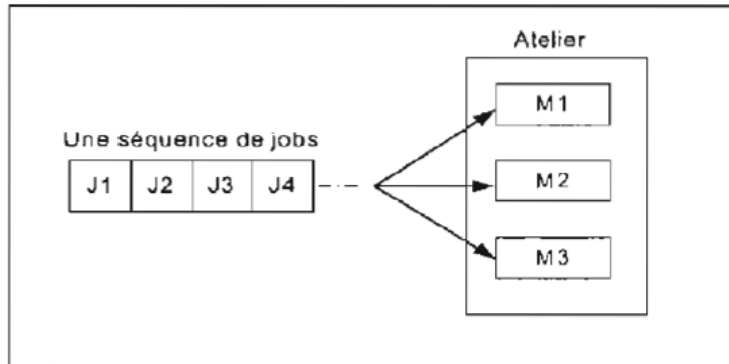


FIGURE 3.2 – Modèle à machines parallèle.

### 3.3.2 Problèmes à plusieurs opérations

Le problème à plusieurs opérations est constitué des cas où un job, pour se réaliser, doit passer par plusieurs machines, chacune de ces machines ayant ses spécificités. On distingue trois problèmes selon l'ordre de passage des jobs sur les machines, à savoir les problèmes de flow-shop, job-shop et open-shop.

– **Problème flow-shop**

Dans le problème de flow-shop, les ordres de fabrication visitent les machines dans le même ordre, avec des durées opératoires pouvant être différentes. Chaque job va être s'exécuter sur les  $M$  machines en série et tous les jobs vont suivre le même ordre de passage sur ces machines. Ce type de problème est aussi appelé modèle linéaire. La figure suivante illustre le cas d'un flow-shop avec quatre machines et quatre jobs. Les quatre jobs suivent le même ordre de traitement sur les quatre machines.

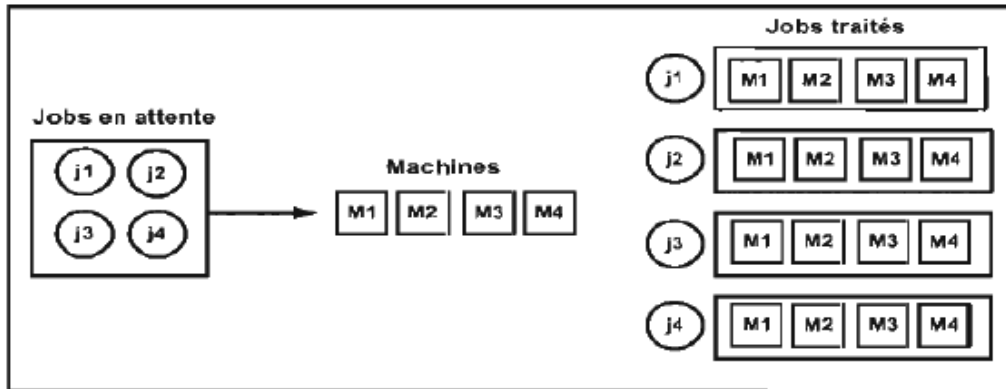


FIGURE 3.3 – Modèle flow-shop.

– **Problème job-shop**

Concernant le problème de job-shop, chaque job à un ordre à suivre et chacun d'entre eux peut s'exécuter plusieurs fois sur la même machine ; ce qui n'est pas le cas du flow-shop. Il s'agit dans ce cas de déterminer les dates de passage sur différentes ressources d'ordres de fabrication ayant des trajets différents dans l'atelier. Ces ordres de fabrication partageant des ressources communes, des conflits sont susceptibles de survenir, résultant des croisements de flux illustrés à la Figure qui suit. Dans cette figure, l'ordre de passage de chaque job est indiqué par un chemin de même couleur que celui du job. Par exemple, le job  $J1$  passe par toutes les machines, alors que le job  $J3$  ne passe que par la deuxième et la quatrième machine. Dans son expression la plus simple, le problème consiste à gérer ces conflits tout en respectant les contraintes données, et en optimisant les objectifs poursuivis. Les types de ressources et de contraintes prises en compte peuvent toutefois considérablement compliquer le problème. Plus on intégrera de contraintes, plus on se rapprochera d'un cas réel, mais moins on disposera de méthodes de résolution satisfaisantes.

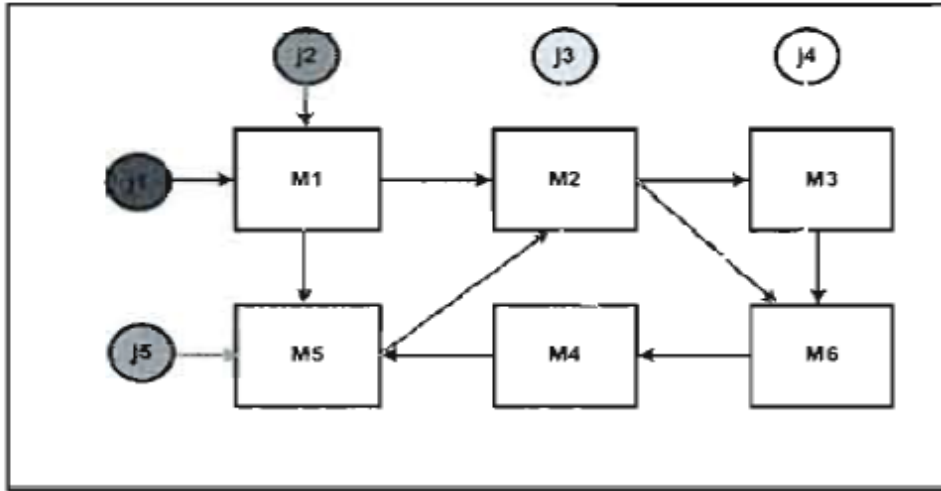


FIGURE 3.4 – Modèle job-shop.

– **Problème open-shop**

Dans le problème d'open shop, l'ordre de passage des  $n$  jobs sur les  $m$  machines n'est pas connu à l'avance. Cet ordre est déterminé lors de la construction de la solution. Chaque job  $j$  peut avoir son propre ordre de passage sur toutes les machines. Le fait qu'il n'y ait pas d'ordre prédéterminé rend la résolution du problème d'ordonnancement de ce type plus complexe, mais offre cependant des degrés de liberté intéressants. À la Figure qui suit, nous avons un ensemble de quatre jobs et un ensemble de quatre machines. À droite de la figure nous pouvons remarquer que chaque job a suivi un ordre de passage différent sur les quatre machines.

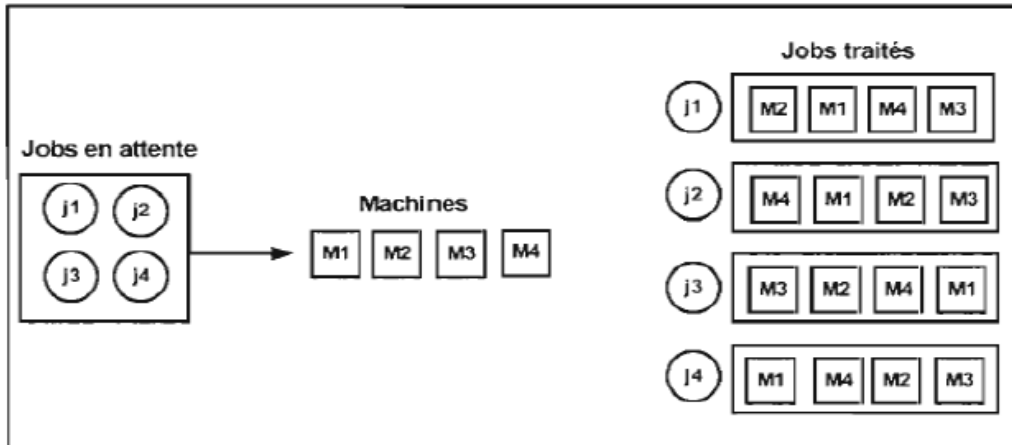


FIGURE 3.5 – Modèle open-shop.

### 3.4 Le problème Flow-Shop hybride

Afin d'être toujours plus réactives et productives, les entreprises ont cherché à augmenter la flexibilité de leurs systèmes de production. Pour atteindre ce but, il est possible de multiplier le nombre des machines qui peuvent réaliser une même opération. Ces machines, considérées comme identiques dans le cadre de ce mémoire, sont regroupées en étage. Le problème résultant est connu dans la littérature sous le nom de Flow-Shop hybride (FH).

Le Flow-Shop hybride est donc une généralisation du Flow-Shop classique au cas où plusieurs machines sont disponibles sur un ou plusieurs étages pour exécuter les différentes tâches du Flow-Shop. Ces problèmes présentent alors une difficulté supplémentaire par rapport aux problèmes sans flexibilité des ressources. En effet, la machine qui sera utilisée pour exécuter une opération n'est pas connue d'avance, mais doit être sélectionnée parmi un ensemble donné pour construire une solution au problème.

Dans un problème d'ordonnement de type Flow-Shop hybride, un ensemble de  $N$  jobs,  $J = \{J_1, J_2, \dots, J_N\}$ , doit être traité dans un atelier de production composé de  $K$  étages,  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_K\}$ . Chaque étage  $E_k$  contient  $M_k$  machines parallèles identiques, avec  $(k = 1, 2, \dots, K)$ . Tous les jobs exigent le même ordre des opérations,  $O_i = \{O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{iK}\}$ , qui doivent être exécutées selon le même processus de fabrication. L'opération  $O_{ik}$  a besoin d'un temps d'exécution  $P_{ik}$  sur

l'étage  $E_k \in E$ . Une machine ne peut appartenir qu'à un seul étage et ne peut effectuer qu'une seule opération à la fois. Chaque job ne peut avoir qu'une seule opération en cours de réalisation simultanément et doit être traité par une seule machine de l'étage  $E_k$ , sans interruption.

Un exemple de système de production de type Flow-Shop hybride à  $N$  jobs,  $K$  étages et  $M_k$  machines par étage, est présenté sur la Figure :

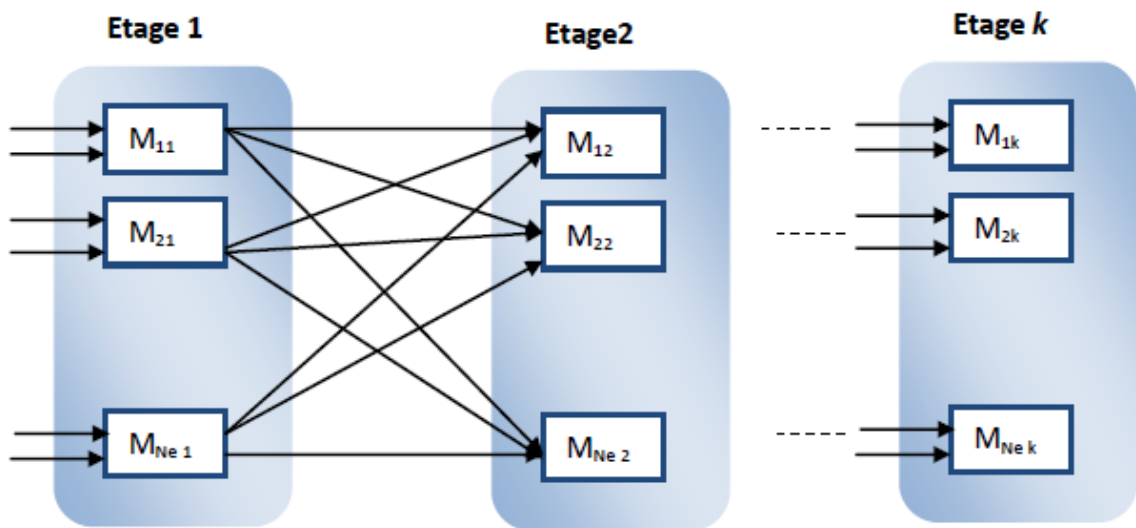


FIGURE 3.6 – Modèle Flow-Shop hybride.

## 3.5 Méthodes de résolution des problèmes d'optimisation

Après la description des problèmes d'ordonnancement, nous nous intéressons maintenant aux méthodes de résolutions de ces problèmes. Les problèmes d'ordonnancement étant des problèmes d'optimisation, il existe deux grandes familles de méthodes de résolutions : les méthode exactes, et les méthodes approchées. L'utilisation d'une méthode de l'une ou de l'autre de ces familles dépend de la taille du problème et de sa complexité.

### 3.5.1 Les méthodes exactes

L'approche intuitive simpliste pour résoudre un problème d'optimisation combinatoire est de lister toutes les solutions faisables, évaluer leurs fonctions objectives et choisir la meilleure solution. Cette énumération complète permet de trouver les solutions optimales. Néanmoins, ce genre de méthodes montre ses limites en pratique à cause du très grand nombre de solutions qui existent pour un problème de taille raisonnable (on suppose que l'on considère des problèmes NP-difficiles). Les méthodes exactes les plus utilisées pour les problèmes d'ordonnancement sont :

1. **Les procédures par séparation et évaluation (branch and bound) :**

Les PSE procèdent par l'énumération implicite de l'ensemble des solutions. Elles sont basées sur la décomposition du problème de façon arborescente en sous problèmes. Avec cette méthode on est assuré de trouver la meilleure solution puisqu'on analyse tous les sous-ensembles de solutions possibles. La manière d'effectuer la décomposition constitue le principe de séparation qui conditionne la performance de la méthode avec le calcul de bornes permettant d'éliminer des sous-ensembles de solutions.

2. **La programmation dynamique :**

le principe est de procéder à une décomposition des décisions associées aux problèmes en sous ensembles considérés successivement, ce qui conduit à résoudre des sous problèmes plus grands en utilisant la solution de sous problèmes plus petits. Ceci n'est possible que si la fonction objective possède la propriété de décomposition. On traite le problème par étapes commençant par le plus petit sous problème jusqu'au problème complet. On résout optimalement chaque sous problème en tenant compte des informations obtenues lors des précédents étapes.

L'exemple le plus simple de l'utilisation de la programmation dynamique est la recherche du plus court chemin dans un graphe orienté. Comme les PSE,

la programmation dynamique énumère implicitement toutes les solutions, et de ce fait elle est très exigeante en termes de temps de calculs et de mémoire pour les problèmes NP-difficiles. Elle ne permet pas alors d'aborder des problèmes de grandes tailles.

### 3. La programmation linéaire :

Elle formule le problème avec un critère et des contraintes exprimés en fonction linéaires de variables de décisions. Les variables sont entières ou binaires pour la plupart des problèmes d'ordonnancement. Ceci rend l'ensemble des problèmes pour lesquels on peut trouver des solutions exactes en un temps raisonnable, limité à des problèmes de tailles relativement faibles.

## 3.5.2 Les méthodes approchées

Puisque les approches exactes ne peuvent traiter que des problèmes beaucoup plus petits que ceux envisagés dans les applications réelles, les méthodes approchées (heuristiques ou méta heuristiques) sont largement utilisées car elles fournissent un bon compromis entre la qualité d'une solution et son coût. Ce sont des méthodes qui recherchent de bonnes solutions (que l'on espère proche de l'optimum) en un temps raisonnable, sans toutefois garantir l'optimalité de la solution. Souvent on ne connaît pas la distance entre la solution trouvée et la solution optimale.

Les méthodes approchées les plus utilisées sont :

#### 1. Les algorithmes génétiques :

ce sont des méthodes à base de populations qui évoluent pendant un processus dit évolutionniste inspiré de la théorie de l'évolution. Les individus sont améliorés à bases d'opérations de croisement ou de mutations. Ces méthodes sont très pratiques car faciles à implémenter et parce qu'elles génèrent un ensemble de solutions et non une seule solution.

#### 2. Les méthodes par voisinage :

appelés aussi méthodes à base de recherche locale. A partir d'une solution initiale obtenue d'une façon aléatoire ou grâce à une heuristique spécifique au problème étudié, on explore l'espace de solution on passant d'un voisin à un autre. Le choix d'une solution parmi les solutions voisines est basé sur des critères qui diffèrent d'une méthode à une autre. Les deux méthodes par voisinage les plus connues et utilisées sont la recherche taboue (*Glover*, 1989, 1990) et le recuit simulé. La recherche taboue est basée sur la notion de mouvements interdits. Elle examine les solutions voisines de la solution courante et choisit la meilleure parmi celles-ci. En acceptant de détériorer la valeur de la solution courante, cela permet de s'éloigner d'un optimum local. Pour éviter de faire un cycle, on utilise une liste taboue conservant en



mémoire les derniers mouvements pendant un nombre limité d'itérations. Le recuit simulé est basé sur un algorithme de simulation de recuit des métaux et s'inspire des méthodes de la physique statistique (*Metropolis et al*, 1953). Cette méthode est utilisée en aval d'une méthode de recherche locale afin de l'améliorer, surtout par rapport à l'optimum local trouvé par cette dernière. Le recuit simulé accepte de faire des échanges, avec une certaine probabilité, qui n'améliorent pas la solution courante. Cette probabilité est déterminée par un paramètre de contrôle appelé température, allusion au processus de refroidissement "cooling schedule".

## Conclusion

L'ordonnancement est généralement décrit comme une fonction particulière de décision au sein d'un système de gestion du travail concernant la production de bien, d'ouvrages ou de services.

La majorité des problèmes d'ordonnancement sont NP-difficile, ça veut dire que, dans la pratique, la complexité croît exponentiellement avec le nombre de tâches et de ressources.

Il existe différentes méthodes pour la résolution des problèmes d'optimisation, les méthodes exactes et les méthodes approchées : les méthodes exactes permettent d'aboutir à la solution optimale, mais elles sont trop gourmandes en termes de temps de calcul et d'espace mémoire requis. Cependant, les méthodes approchées demandent des coûts de recherche raisonnables. Mais, elles ne garantissent pas l'optimalité de la solution.

# Chapitre 4

## Modélisation du Problème

### Introduction

Les problèmes de transport et d'affectation ont été les premiers problèmes à être traités par la recherche opérationnelle[19].

l'objectif de ce chapitre est de fournir un modèle mathématique capable de représenter au mieux la problématique posée dans le premier chapitre.

### 4.1 Description du problème

On peut décrire le problème de transport de la façon suivante. A partir d'une liste de commandes-clients (clients CLR) pour de multiple produits avec une demande  $d$  ( $d$  correspond au nombre de palettes nécessaire pour satisfaire la demande d'un CLR), en utilisant des camions pouvant transporter jusqu'à 26 palettes. En doit planifier un plan de transport efficace qui permet la livraison des quantités commandés d'un point d'origine ( les plateformes) vers les différentes destinations (les CLR).

Plus précisément nous allons étudier la plateforme Est "El Kharoub" (constantine) et les 04 CLR (CLR BATNA, CLR OUM EL BOUAGHI, CLR ANNABA, CLR CONSTANTINE) qui s'alimente auprès de cette plateforme.

- Si la quantité demandé  $d$  ( $d$  correspond la somme des commandes des clients d'un CLR donnée, qui est en nombre de palettes) d'un CLR est inférieur à la capacité du camion, alors sa satisfaction est réalisé par un seul transport.

- Sinon,  $I = \lceil \frac{d}{c} \rceil$  : est le nombre de transport a effectuer pour chaque CLR,  $j \in \{ \text{CLR BATNA, CLR OUM EL BOUAGHI, CLR ANNABA, CLR CONSTANTINE} \}$ .

la réalisation d'un transport nécessite 03 étapes : le chargement, le transport et le déchargement. Chaque étage contient un ensemble de machines parallèles identique, ce qui signifie que les transports peuvent être réalisés indifféremment sur l'une ou l'autre machine d'un même étage.

Soit alors un ensemble de transport  $I = \{1, \dots, n\}$ , où chacun correspond à la demande en nombre de transport d'un CLR quelconque. Une solution à ce problème ne consiste plus uniquement à trouver une séquence des transports sur chacune des ressources, et à leur fixer une date de début mais, également à déterminer une affectation de chaque transport aux ressources nécessaires de telle sorte que le nombre de ressources (camions) utilisés pour livrer les transports soit minimal, tout en satisfaisant un ensemble de contraintes.

- Les suppositions suivantes sont vérifiées :
  - L'ordre de passage sur les machines de chaque étage est le même pour tout les transport.
  - Une fois qu'un transport débute, il ne peut être interrompu, on dit que l'ordonnancement est non préemptif.
  - Le transport ne peut pas être exécuté sur différentes machines d'un même étage.
  - Aucun transport ne peut commencer sur une machine avant la fin de transport qui le précède sur cette machine.
  - Chaque transport doit passer sur une machine de chaque étage.
  - Une machine donnée ne peut exécuter plus d'une opération à la fois.

## 4.2 Formulation mathématique du problème posé

Il existe plusieurs types de modèles : les modèles mathématiques, les modèles aléatoires, les représentations graphiques...etc. Étant donné la nature de notre problème, l'utilisation de la modélisation mathématique s'avère indispensable.

• **Structure d'un programme linéaire** : Pour définir un programme linéaire, il est nécessaire de définir les variables de décisions, les contraintes et respecter et les objectifs à atteindre.

1. **Les variables de décisions** : il faut déterminer les inconnus du problème, en représentant les différents éléments du problème sous forme de variables de décisions et les objectifs à atteindre sous forme de fonctions.
2. **Les contraintes** : les contraintes déterminent les conditions à respecter en prenant en considération les exigences et moyens dont on dispose. Les contraintes délimitent l'espace des solutions réalisables.

3. **Les objectifs** : ce sont les buts visés par l'entreprise, qui sont représentés par une ou plusieurs fonctions.

Pour élaborer le modèle mathématique de notre problème, on adoptera les notations suivantes :

- Associant à chaque CLR un numéro : {CLR BATNA = 1, CLR OUM EL BOUAGHI = 2, CLR ANNABA = 3, CLR CONSTANTINE = 4 }.

- $I_1 = \{1, \dots, n_1\}$  : liste des transports à effectuer au premier CLR.

- $I_2 = \{n_1+1, \dots, n_1+n_2\}$  : liste des transports à effectuer au deuxième CLR.

- $I_3 = \{n_1+n_2+1, \dots, n_1+n_2+n_3\}$  : liste des transports à effectuer au troisième CLR.

- $I_4 = \{n_1+n_2+n_3+1, \dots, n_1+n_2+n_3+n_4\}$  : liste des transports à effectuer au quatrième CLR.

- $I = \{0, 1, \dots, n_1+n_2+n_3+n_4\}$  : liste de tout les transports.

- $n_1+n_2+n_3+n_4$  : nombre total de transports.

- $m$  : nombre de quais de chargement.

- $tc$  : temps de chargement d'un camion.

- $K_1 = \{1, \dots, k_1\}$  : liste des quais de dechargement du premier CLR.

- $K_2 = \{k_1+1, \dots, k_1+k_2\}$  : liste des quais de dechargement du deuxième CLR.

- $K_3 = \{k_1+k_2+1, \dots, k_1+k_2+k_3\}$  : liste des quais de dechargement du troisième CLR.

- $K_4 = \{k_1+k_2+k_3+1, \dots, k_1+k_2+k_3+k_4\}$  : liste des quais de dechargement du quatrième CLR.

- $td_j$  : temps de dechargement d'un camion au niveau du  $j^{eme}$  CLR, comme la durée du dechargement est la même pour chaque quai de dechargement en a :  $td_j = td, \forall j = \overline{1, 4}$

- $tp_j$  : temps de parcours entre la plate-forme et le  $j^{eme}$  CLR.

- $a_j$  : date de début des réception des transports au niveau de  $j^{eme}$  CLR .

- $b_j$  : date de fin des réception des transports au niveau de  $j^{eme}$  CLR .

- $dc$  : date de début des chargement des transports au niveau de la plateforme .

- $df$  : date de fin des chargement des transports au niveau de la plateforme .

#### 1. Variables de decisions :

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si le transport } i \text{ précède le transport } j \text{ sur le camion } k; \\ 0 & \text{sinon .} \end{cases}$$

$$y_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si le chargement du } i^{eme} \text{ transport précède celui du } j^{eme} \text{ sur le quai } k; \\ 0 & \text{sinon .} \end{cases}$$

$$z_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si le dechargement du } i^{eme} \text{ transport précède celui du } j^{eme} \text{ sur le quai } k; \\ 0 & \text{sinon .} \end{cases}$$

$$v_k = \begin{cases} 1 & \text{si le camion } k \text{ est utilisé;} \\ 0 & \text{sinon .} \end{cases}$$

Notons les étapes d'un transport comme suit :

- 1 : étape de chargement.
- 2 : étape de dechargement.
- 3 : étape de transport (débutant au même instant que le chargement et se terminant au retour à la plate-forme).

$C_{ij}$  = date de fin de l'étape  $j$  du transport  $i$  .

2. **Fonction objectif** : l'objectif est de minimiser le nombre de camions utilisés, qui égale à :

$$\sum_{k \in I} v_k \quad (1)$$

### 3. Les contraintes :

les variables nulles :

le transport fictif "0" ne succède pas au transport  $i$  sur un camion donné, ou un quai de chargement ou un sur un quai de dechargement .

$$x_{i0k} = 0, \forall i \in I, \forall k \in I$$

$$y_{i0k} = 0, \forall i \in I, \forall k \in \overline{1, m}$$

$$z_{i0k} = 0, \forall i \in I, \forall k \in K$$

$$x_{ij0} = 0, \forall i \in I, \forall j \in I$$

Un transport  $i$  ne peut pas être son propre prédécesseur.

$$\sum_{k \in I} x_{iik} = 0, \forall i \in I$$

$$\sum_{k \in \overline{1, m}} y_{iik} = 0, \forall i \in I$$

$$\sum_{k \in K} z_{iik} = 0, \forall i \in I$$

j est exactement un successeur d'un transport i sur un camion donné k .

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in I} x_{ijk} = 1, \forall j \in I, j \neq 0 \quad (2)$$

j est exactement un successeur d'un transport i sur un quai de chargement k .

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in \overline{1, m}} y_{ijk} = 1, \forall j \in I, j \neq 0 \quad (3)$$

j est exactement un successeur d'un transport i vers le meme CLR sur un quai de déchargement k .

$$\sum_{i \in I_l} \sum_{k \in K_l} y_{ijk} = 1, \forall j \in I_l, j \neq 0, \forall l \in \overline{1, 4} \quad (4)$$

Un transport j vers le CLR l ne peut succéder au transport i d'un autre CLR t sur un quai de dechargement :

$$\sum_{k \in K} z_{ijk} = 0, \forall i \in I_l, \forall j \in I_t, \forall t \neq l \in \{1, \dots, 4\} \quad (5)$$

Un seul transport au plus succède au transport i sur un camion k :

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in I} x_{ijk} \leq 1, \forall j \in I \quad (6)$$

Un seul chargement au plus succède au chargement du transport i sur un quai de chargement :

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in \overline{1, m}} y_{ijk} \leq 1, \forall j \in I \quad (7)$$

un seul transport au plus peut être premier sur un camion/quai :

$$\sum_{j \in I} x_{0jk} \leq 1, \forall k \in I \quad (8)$$

$$\sum_{j \in I} y_{0jk} \leq 1, \forall k \in \overline{1, m}$$

un seul transport j au plus peut succéder à i sur un camion/quai :

$$\sum_{j \in I} \sum_{k \in I} x_{ijk} \leq 1, \forall i \in I \quad (9)$$

$$\sum_{j \in I} \sum_{k \in \overline{1, m}} y_{ijk} \leq 1, \forall i \in I$$

Au plus un seul transport succède à  $i$  sur un quai de déchargement  $k$  :

$$\sum_{j \in I} \sum_{k \in I_l} z_{ijk} \leq 1, \forall i \in I_l, l \in \overline{1, 4} \quad (10)$$

$v[k] = 1$  si et ssi il existe un transport sur le camion  $k$  :

$$Mv_k \geq \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} x_{ijk}, \forall k \in I \quad (11)$$

Si le chargement du transport  $j$  succède à celui du transport  $i$  alors  $C_{j1} \geq C_{i1} + tc$  :

$$C_{j1} \geq C_{i1} + tc - M(1 - \sum_{k \in \overline{1, m}} y_{ijk}) \forall i, j \in I_l, \forall l = \overline{1, 4} \quad (12)$$

La date de fin de déchargement est supérieure ou égale à la date de fin de chargement plus le temps du transport aller plus le temps de déchargement :

$$C_{i2} \geq C_{i1} + td + tp_l, \quad \forall i \in I_l, \forall l = \overline{1, 4} \quad (13)$$

La date de fin de transport :

$$C_{i3} \geq C_{i2} + tp_l, \forall i \in I_l, \forall l = \overline{1, 4} \quad (14)$$

Si le déchargement du transport  $j$  succède à celui du transport  $i$  sur le même quai alors  $C_{j2} \geq C_{i2} + td$  :

$$C_{j2} \geq C_{i2} + td - M(1 - \sum_{k \in K_l} z_{ijk}) \forall i, j \in I_l, \forall l = \overline{1, 4} \quad (15)$$

Si le transport  $j$  succède au transport  $i$  alors  $C_{j3} \geq C_{i3} + tp_l \forall l = \overline{1, 4}$  :

$$C_{j3} \geq C_{i3} + tp_l - M(1 - \sum_{k \in I} x_{ijk}), \forall i, j \in I, \quad (16)$$

$$C_{j1} \geq C_{i3} + tc - M(1 - \sum_{k \in I} x_{ijk}), \forall i, j \in I, \quad (17)$$

$$C_{i0} = dc, \forall i \in I$$

$$C_{i1} \geq dc + tc, \quad \forall i \in I \quad (18)$$

$$C_{i1} \leq df, \quad \forall i \in I \quad (19)$$

$$C_{i2} \geq a_l + td, \quad \forall i \in I_l, \forall l = 1, 4 \quad (20)$$

$$C_{i2} \leq b_l, \quad \forall i \in I_l, \forall l = 1, 4 \quad (21)$$

Contraintes des variables de décisions :

$$x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk}, v_k \in \{0, 1\}, \forall i, j, k \in I \cup \{0\} \quad (22)$$



### 4.3 Modèle mathématique

Le modèle obtenu est le suivant :

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_{k \in I} v_k \\
 & \left\{ \begin{array}{lll}
 \sum_{k \in I} x_{iik} & = & 0 \quad \forall i \in I \\
 \sum_{k \in \overline{1,m}} y_{iik} & = & 0 \quad \forall i \in I \\
 \sum_{k \in K} z_{iik} & = & 0 \quad \forall i \in I \\
 \sum_{i \in I} \sum_{k \in I} x_{ijk} & = & 1 \quad \forall j \in I, j \neq 0 \\
 \sum_{i \in I} \sum_{k \in \overline{1,m}} y_{ijk} & = & 1 \quad \forall j \in I, j \neq 0 \\
 \sum_{i \in I_l} \sum_{k \in K_l} y_{ijk} & = & 1 \quad \forall j \in I_l, j \neq 0, \forall l \in \overline{1,4} \\
 \sum_{k \in K} z_{ijk} & = & 0 \quad \forall i \in I_l, \forall j \in I_l, \forall t \neq l \in \{1, \dots, 4\} \\
 \sum_{i \in I} \sum_{k \in I} x_{ijk} & \leq & 1 \quad \forall j \in I \\
 \sum_{i \in I} \sum_{k \in \overline{1,m}} y_{ijk} & \leq & 1 \quad \forall j \in I \\
 \sum_{j \in I} x_{0jk} & \leq & 1 \quad \forall k \in I \\
 \sum_{j \in I} y_{0jk} & \leq & 1 \quad \forall k \in \overline{1,m} \\
 \sum_{j \in I} \sum_{k \in I} x_{ijk} & \leq & 1 \quad \forall i \in I \\
 \sum_{j \in I} \sum_{k \in \overline{1,m}} y_{ijk} & \leq & 1 \quad \forall i \in I \\
 \sum_{j \in I_l} \sum_{k \in I_l} z_{ijk} & \leq & 1 \quad \forall i \in I_l, l \in \overline{1,4} \\
 Mv_k & \geq & \sum_{i \in I} \sum_{j \in I} x_{ijk} \quad \forall k \in I \\
 C_{j1} & \geq & C_{i1} + tc - M(1 - \sum_{k \in \overline{1,m}} y_{ijk}) \quad \forall i, j \in I_l, \forall l = \overline{1,4} \\
 C_{i2} & \geq & C_{i1} + td + tp_l \quad \forall i \in I_l, \forall l = \overline{1,4} \\
 C_{i3} & \geq & C_{i2} + tp_l \quad \forall i \in I_l, \forall l = \overline{1,4} \\
 C_{j2} & \geq & C_{i2} + td - M(1 - \sum_{k \in K_l} z_{ijk}) \quad \forall i, j \in I_l, \forall l = \overline{1,4} \\
 C_{j3} & \geq & C_{i3} + tp_l - M(1 - \sum_{k \in I} x_{ijk}) \quad \forall i, j \in I \\
 C_{j1} & \geq & C_{i3} + tc - M(1 - \sum_{k \in I} x_{ijk}) \quad \forall i, j \in I \\
 C_{i0} & = & dc \quad \forall i \in I \\
 C_{i1} & \geq & dc + tc \quad \forall i \in I \\
 C_{i1} & \leq & df \quad \forall i \in I \\
 C_{i2} & \geq & a_l + td \quad \forall i \in I_l, \forall l = 1, 4 \\
 C_{i2} & \leq & b_l \quad \forall i \in I_l, \forall l = 1, 4
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

$x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk}, v_k \in \{0, 1\}, \forall i, j, k \in I \cup \{0\}$

### 4.4 Application numérique

Soit le tableau qui indique les horaires de début et de fin de réception des transports a et b respectivement, pour chaque CLR qui s'alimente auprès de la plateforme : El Kharoub-Constantine, le nombre de quai de dechargement K, la

durée de dechargement  $td$  de chaque CLR ainsi le temp de parcour entre chaque CLR et la plateforme, obtenue par l'entreprise :

CLR	a	b	K	tc	tp
Annaba	14H :00	22H :00	01	0.5H	3H
Batna	05H :00	18H :00	01	0.5H	3H
Constantine	05H :00	16H :00	01	0.5H	1H
OEB	05H :00	16H :00	01	0.5H	3H

Et soit le tableau qui indique les horaires de début et de fin des chargement  $dc$  et  $df$  respectivement au niveau de la plateforme El Kharoub, avec le nombre des quais de chargement et la durée de chargement  $tc$  de chaque transport sur chaque quais, obtenue par l'entreprise .

Plateforme	dc	df	m	tc
El Kharoub	18H :30	08H :30	05	0.5H

Afin d'évaluer les limites du modèle mathématique proposé, nous présentons ici les résultats numériques obtenue pour des instances de différentes dimensions , avec le solveur de programmation linéaire CPLEX.

pour  $n1 = 2, n2 = 1, n3 = 2, n4 = 2$  En aura Les résultats suivantes :

– les valeurs de  $i, j$  et  $k$  pour lesquelle  $x = 1$

i	j	k
0	2	3
0	4	2
0	5	4
0	6	7
0	7	1
4	1	2
5	3	2

– la valeur de la fonction objectif :  $v = 5$ .

Cela veut dire qu'on a utilisé 5 camion pour assurer 7 transports.

– les valeurs de  $y$  :

i	j	k
0	1	1
0	2	2
0	3	3
0	4	4
0	5	5
1	6	2
2	7	1

– les valeurs de z :

i	j	k
0	1	1
0	2	2
0	3	3
0	4	4
0	5	1
1	6	3
2	7	4

– Les dates de fin des chargements C1i pour chaque transport :

transport i	0	4	5	1	2	3	6	7
C1i	18.5	19	19	31	31.5	32	32	32

– Les dates de fin des déchargements C2i pour chaque transport :

transport i	0	4	5	1	6	7	3	2
C2i	0	29.5	30.5	38.5	40	40.5	42.5	46.5

– Les dates de fin des transports C3i pour chaque transport :

transport i	0	4	5	1	6	7	3	2
C3i	0	30.5	31.5	41.5	43	43.5	45.5	49.5

Et on obtient l'ordonnancement des transports, dans chaque étape en affectant la ressource nécessaire.

1. L'ordonnement obtenu dans l'étape de chargement :

transport	opération	ressources	date debut	durée	date fin
1	chargement	$quai_2$	30.5	0.5	31
2	chargement	$quai_1$	31	0.5	31.5
3	chargement	$quai_3$	31.5	0.5	32
4	chargement	$quai_2$	18.5	0.5	19
5	chargement	$quai_3$	18.5	0.5	19
6	chargement	$quai_4$	31.5	0.5	32
7	chargement	$quai_5$	31.5	0.5	32

2. L'ordonnement obtenu dans l'étape de transport :

transport	opération	ressources	date debut	durée	date fin
1	transport	$Camion_2$	35	6.5	41
2	transport	$Camion_1$	43	6.5	49.5
3	transport	$Camion_3$	39	6.5	45.5
4	transport	$Camion_2$	24	6.5	30.5
5	transport	$Camion_3$	25	6.5	31.5
6	transport	$Camion_4$	40.5	2.5	43
7	transport	$Camion_5$	41	2.5	43.5

3. L'ordonnement obtenu dans l'étape de déchargement :

transport	opération	ressources	date debut	durée	date fin
1	déchargement	$K_1$	34.5	0.5	38.5
2	déchargement	$K_1$	35	0.5	46.5
3	déchargement	$K_2$	35.5	0.5	42.5
4	déchargement	$K_3$	22.5	0.5	29.5
5	déchargement	$K_3$	22.5	0.5	30.5
6	déchargement	$K_4$	33.5	0.5	40
7	déchargement	$K_4$	33.5	0.5	40.5

Le diagramme de Gantt associé à l'ordonnement obtenu dans les trois étapes est donnée ci-dessus :

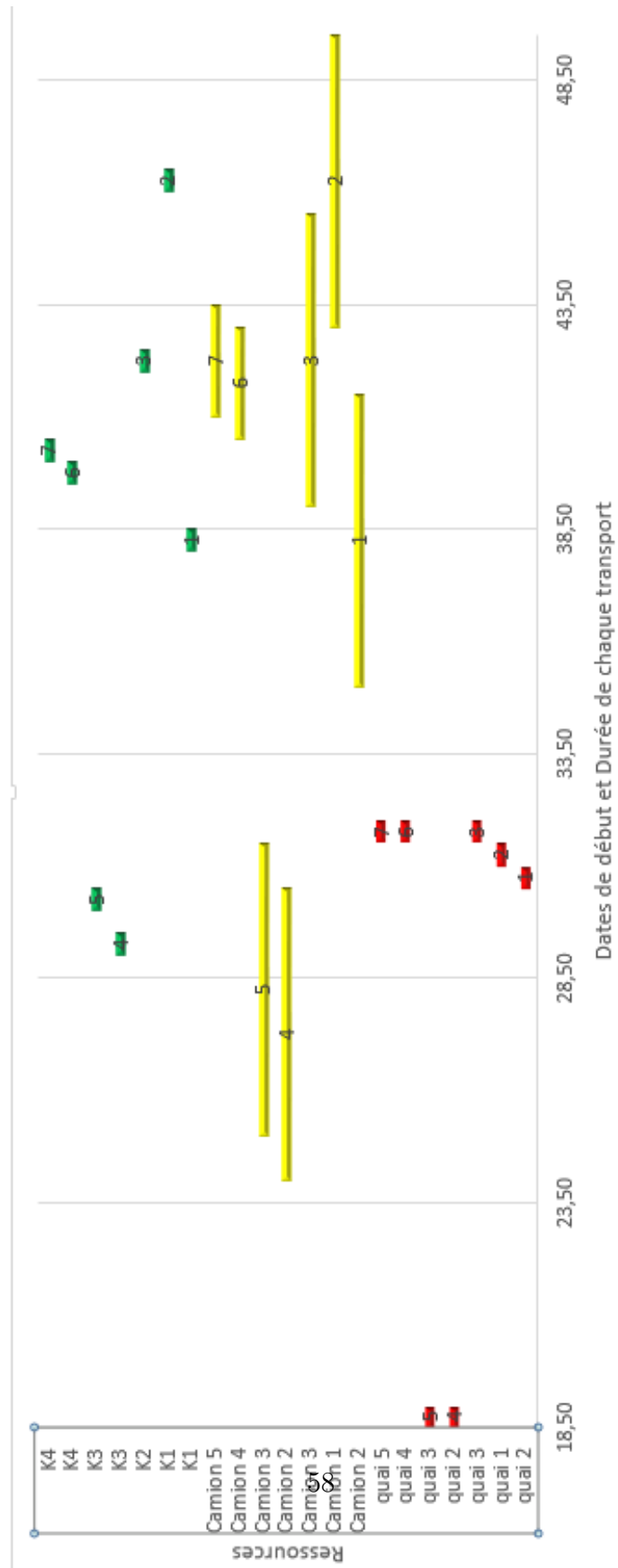


FIGURE 4.1 – Diagramme de Gantt associé à l'ordonnancement de 07 transports.

# Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la formulation du problème posé en un programme mathématique à variables entière (PLNE), et en a abordé l'approche de résolution : Cplex Studio IDE en utilisant le langage OPL , avec ces principales fonctionnalités et en a terminé avec une application numérique en utilisant les données de l'entreprise .

# Conclusion Générale

L'objectif essentiel de notre recherche réside dans la recherche d'un plan de distribution efficace, afin de répondre au mieux aux demandes des clients hors CLR de l'entreprise CEVITAL Agro-alimentaire.

Il est à noter que la gestion de la logistique de distribution est un atout majeur pour la différenciation des entreprises sur un marché en perpétuelle croissance. Pour cela toutes les entreprises tentent de mettre en place une politique de gestion de la logistique de distribution efficace qui leur permettra d'atteindre leurs objectifs.

Dans le premier chapitre on a parlé de l'entreprise son historique, ces différentes directions,...etc, ainsi que son système de distribution.

Le deuxième chapitre nous a permis d'exposer les différentes offres de transport ainsi de mettre en évidence l'importance du transport dans la chaîne logistique.

Et dans le troisième chapitre on a abordé quelques Généralités sur les problèmes d'ordonnancement, avec quelques méthodes de résolution.

Dans la dernière phase, on a étudié un problème de transport pour la livraison des commandes des clients CLR de Cevital agro-alimentaire .

Le problème consiste à la minimisation de nombre de véhicule utilisé lors des livraisons, sous contraintes des fenêtres de temps .

Le problème s'agit d'un flow shop hybride à machine parallèle . Pour atteindre ces objectifs, on a traité cette problématique sous forme de modèle mathématique avec une formulation en programmation linéaire en nombre entier.

Ensuite le modèle a été résolu avec le solveur mathématique CPLEX .

Enfin, ce projet ouvre la voie à plusieurs perspectives d'applications. Je cite ci-dessous 2 voies qui me semblent intéressantes :

- Déterminer les meilleures plages horaires, afin d'offrir une plus grande flexibilité, et donc minimiser le nombre de camions.
- Considérer les paramètres du problème comme incertain, pour être plus réaliste.
- Considérer l'étape de transport de l'usine aux plateformes.

# Bibliographie

- [1] G. Baillargeon, « programmation linéaire appliquée : outils d'optimisation et d'aide à la décision », les éditions SMG, 1996
- [2] A.F. Benghazal, « programmation linéaire », office des publications universitaires (OPU) ,2006
- [3] M. BERNADET, (1985) Réflexions sur la notion de qualité de service. Contribution au groupe de travail sur l'adaptation des transports à la logistique moderne, Conseil Général des Ponts et Chaussées, 11 p.
- [4] J. Blazewicz, K. Ecker, E. Pesch, G. Schmidt et J. Weglarz,« Scheduling computer and manufacturing process ». Springer, Berlin, 1996
- [5] D. J. Bowerson D. J. Closs « Logistical Management : The Integrated Supply Chain Process », McGraw-Hill, 1996, P.33
- [6] J. Carlier et P. Chrétienne, « Problèmes d'ordonnancement, Modélisation,Complexité, Algorithmes ». Edition Masson, Paris, 1988 Logistiques, thèse, Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique, 2010
- [7] S. Carrera, Planification et Ordonnancement de Plateformes
- [8] P. Esquerol et P. Lopez, 1999,«L'ordonnancement», Economica
- [9] J.L. Heskett, « Logistics : essential to strategy », Harvard Business Review, nov-déc. 1977, traduit par « La logistique, élément clé de la stratégie », Harvard-L'Expansion, n°8, P. 41
- [10] [http ://www.supply-chain.fr/Chaine-logistique](http://www.supply-chain.fr/Chaine-logistique)
- [11] KOTLER & DUBOIS, “Marketing Management”, 11ème edition. Pearson Education, Paris, 2003, p.574 5ème édition
- [12] I. Laribi, Fayçal Belkaid, Zaki Sari, Farouk Yalaoui, Investigation pour la résolution des problèmes flow shop de permutation sous contrainte de ressource, 22 Jan 2016
- [13] P. LORINO, (1995), Le déploiement de la valeur par les processus. Revue Française de Gestion, n° 104, pp. 55-71
- [14] Le BO, GESTION LOGISTIQUE ET TRANSPORT, N°7, 30 JUIL, 1998



- [15] J. Morana, « de la logistique au supply chain management », e-thèse 2003
- [16] A.Olmi, F.July, « la réduction des coûts de distribution par la recherche opérationnelle », éditions EYROLLES, éditions d'organisation, P.2
- [17] M. Pinedo, « Scheduling : Theory, Algorithms and systems ». Prentice-Hall, Englewood Clis, New Jersey, 1955
- [18] Y. Pimor, Michel Fender « logistique ; production, distribution, soutien », DUNOD, 5ème édition
- [19] F.A. Rodammer et K. Preston White, « A recent survey of production scheduling ». IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, pp. 6-18, 1999
- [20] B. Roy et D. Bouyssou, « Aide multi-critères à la décision : Méthodes et cas ».Collection Gestion Série : Production et technologie quantitatives appliquées à la gestion.Edition Economica, Paris, 1993
- [21] D. Tixier et H.Mathe et J. Collin, La logistique d'entreprise, Dunod, 1996, P 28
- [22] H. Toussaint, IBM ILOG CPLEX Optimization Studio :Une introduction à OPL et Cplex Studio IDE, septembre 2016

## Résumé

Dans cette étude, nous avons construit un modèle mathématique pour la planification d'un réseau de transport au sein de l'entreprise industriel CEVITAL.

Le problème relevé à été modélisé sous forme d'un Flow Shop Hybride avec la minimisation du nombre de ressources affectées à une opération donnée (l'opération du transport ). Le modèle ainsi construit est programme linéaire en nombre entier, qu'on a résolu avec le solveur mathématique CPLX.

## Abstract

In this study, we constructed a mathematical model for planing a transportation network within the industrial entreprise CEVITAL.

The problem identified has been modeled as a Hybrid Flow Shop problem with the minimization of the number of resources assigned to an operation (the transport operation). The model thus constructed is a linear integer program, which has been solved using a mathematical solved using which is the CPLEX.