

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET
DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE



MEMOIRE de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER Domaine :

Mathématiques et Informatique Filière : Informatique

Spécialité : Informatique Décisionnel et Optimisation

Par : -Omara Assia.

-Zellouf Mouna.

SUJET

**Ordonnancements coopératifs pour les chaînes
logistiques**

Soutenu publiquement le : //2020 devant le jury composé de :

.....

Université de M'sila

Président

Dr. BOUNIF Mohamed Elhadi

Université de M'sila

Rapporteur

.....

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2019/2020

Dédicaces

A mes très chers parents

Zellouf Mouna

Dédicaces

À ceux qui m'ont appris le succès et la patience À qui je manque face aux difficultés Le monde ne lui a pas donné l'occasion d'irriguer sa tendresse, mon père

Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde

Je dédie aussi ce travail à :

- ✓ *Mes grands-parents.*
- ✓ *Mes frères, Mes sœurs*
- ✓ *Mes frères qui je connaît dans ma vie.*
- ✓ *Mes oncles, mes tantes et leur famille.*
- ✓ *Tous mes cousins et cousines.*
- ✓ *Tous mes amis, mes collègues et tous ceux qui m'estiment.*

OMARA ASSIA

Remerciements

On remercie Dieu le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience pour l'accomplissement de ce travail.

*En second lieux ,nous voudrions également remercier notre encadreur **Dr. BOUNIF Mohamed El Hadi** pour son inestimable aide et soutien. Comme nous venons de le mentionner, ce modeste travail a été réalisé sous la supervision et consignes de Notre Encadreur ,qui sans sa méthodologie, ses orientations et ses conseils précieux, n'aurait pas été accompli.*

On adresse nos remerciements au membre de jury pour avoir accepté de nous prêté de leur attention et évaluer notre travail.

Table des matières

CHAPITRE 1 :LES CHAINES LOGISTIQUES

1 Introduction.....	1
2 La logistique.....	3
2 La chaine logistique.....	3
2.1 Définition.....	3
3.2 Structure physique.....	3
2.2.1 Séquentielle ou linéaire.....	4
2.2.2 Divergente ou de distribution.....	5
2.2.3 Convergente ou d'assemblage.....	5
2.2.4 La structure réseaux.....	5
3.3 Les types de la chaine logistique.....	5
3.3.1 La chaine logistique globale.....	6
3.3.2 La chaine logistique interne.....	6
3.3.3 Entreprise étendue.....	7
3.3.4 Entreprise virtuelle.....	7
3.4 Les flux de la chaine logistique.....	8
3.4.1 Les flux informatique.....	9
3.4.2 Les flux physique.....	9
3.4.3 Les flux financier.....	9
3.5 Les fonction de la chaine logistique.....	9
3.5.1 L'approvisionnement.....	9
3.5.2 La production.....	10
3.5.3 Le stockage.....	10
3.5.4 Distribution et le transport.....	10
3.5.5 La vente.....	10
4 la gestion de chaine logistique.....	11
5 Les décisions dans la chaîne logistique.....	11

4.1 Les décisions stratégiques	12
4.2 Les décisions tactiques	12
4.3 Les décisions opérationnelles.....	13
6 Optimisation de la chaîne logistique.....	13
7 Les mécanismes de concertation dans la chaîne logistique.....	14
7.1 La coordination.....	14
7.2 la coopération.....	14
7.3 La collaboration.....	14
8 Les mesures de la performance de la chaîne logistique.....	14
9 Conclusion.....	16

CHAPITRE 2 : Ordonnancement de la production

Introduction.....	17
1 Gestion de la production.....	17
2 Ordonnancement.....	17
2.1 Définition.....	17
2.2 Les éléments d'un ordonnancement.....	18
2.2.1 Les tâches (Jobs).....	18
2.2.2 Les Ressources.....	18
2.2.3 Les contraintes.....	19
2.2.4 Les critères.....	19
3 Ordonnancement d'atelier.....	20
3.1 Classification des problèmes d'ordonnancement.....	20
3.1.1 Ordonnancement sur une seule machine.....	21
3.1.2 Ordonnancement sur machines parallèles.....	21
3.1.3 Ordonnancement sur plusieurs machines.....	22
4 Complexité des problèmes d'ordonnancement.....	23
4.1. Complexité algorithmique.....	23
4.2. Complexité problématique.....	24

5 Représentation des ordonnancements.....	24
5.1 Réseau PERT.....	24
5.3 Diagramme de Gantt	25
6 Les méthodes de résolutions	26
6.1 Les méthodes exactes.....	26
6.2 Les méthodes approchée.....	27
6.2.1 Heuristique.....	28
6.2.2 Méta-Heuristique	29
7 Intervention humaine.....	31
7.1 L'ordonnancement coopératif.....	31
7.2 L'ordonnancement interactif.....	32
8 Ordonnancement et coopération dans la chaîne logistique.....	33
9 Conclusion.....	33

CHAPITRE 3 : Problème et retenue

Introduction.....	34
1 Définition du problème.....	34
2 Le problème d'ordonnancement dans les centres de production.....	37
3 Les algorithmes génétiques	37
3.1 Présentation des algorithmes génétiques.....	38
3.2 Les étapes de l'algorithmes génétiques.....	39
3.2.1 Codage et population initiale.....	39
3.2.2 Evaluation (Fitness).....	40
3.3 Opérateurs des algorithmes génétiques	40
3.3.1 Opérateur de sélection.....	41
3.3.2 Opérateur de croisement.....	42
3.3.3 Opérateur de mutation.....	44
4 Nondominated Sorting Genetic Algorithm(NSGA).....	45
4.1 Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA II).....	45

4.1.1 Une itération de NSGA II.....	46
4.1.2 Distance de crowding.....	47
Conclusion.....	47

CHAPITRE 4 : Implémentation de production de problème

Introduction.....	48
1 Langage et environnement de développement.....	48
1.1 Langage de programmation Java.....	48
1.2 Environnement de développement.....	48
2 Description de l'application	49
3 Quelque exemple sur l'implémentation.....	50
3.1 Centre 1.....	50
3.2 Centre 2.....	52
3.3 Centre 3.....	52
Conclusion.....	54
Conclusion Générale.....	55

Liste des Figures

Figure 1.1 Modèle de chaîne logistique	4
Figure 1.2 Structures possibles d'une chaîne logistique	5
Figure 1.3 chaîne logistique globale.....	6
Figure 1.4 chaîne logistique interne.....	6
Figure 1.5 entreprise étendue	7
Figure 1.6 entreprise virtuelle.....	8
Figure 1.7 Modélisation des flux d'une chaîne logistique	8
Figure 1.8 pyramide des niveaux de décisions.....	11
Figure 1.9 Système d'indicateurs de performance.....	15
Figure 2.1 Caractéristiques temporelles d'une tâche.....	18
Figure 2.2 Les différents types des problèmes d'ordonnancement d'atelier... ..	21
Figure 2.3 Atelier Flowshop	22
Figure 2.4 Flow Shop Hybride à k étages.....	22
Figure 2.5 Atelier Jobshop.....	22
Figure 2.6 Graphe Potentiel-Tâche.....	25
Figure 2.7 Diagramme de Gantt.....	26
Figure 2.8 Classification des méthodes d'optimisation combinatoire.....	26
Figure 2.9 Classification des méthodes d'optimisation combinatoire.....	28
Figure 2.10 Une approche coopérative de l'ordonnancement	32
Figure 2.11 Une approche interactive de l'ordonnancement.....	32
Figure 3.1 Schéma général de la chaîne logistique.....	32
Figure 3.2 les éléments de la chaîne logistique.....	35
Figure 3.3 Le schéma global du processus de négociation.....	36
Figure 3.4 Fonctionnement de l'algorithme génétique.....	39
Figure 3.5 Exemple de codage binaire de trois variables	39
Figure 3.6 Exemple d'un codage réel.....	40
Figure 3.7 La roulette de sélection	41
Figure 3.8 Exemple du croisement à un point	43
Figure 3.9 Exemple du croisement bi-points	43
Figure 3.10 Exemple d'un croisement uniforme.....	44
Figure 3.11 Exemple d'une mutation uni-point.....	45
Figure 3.12 Exemple d'une mutation bi-points.....	45

Figure 3.13 Représentation schématique de l'algorithme NSGA-II.....	46
Figure 4.1 l'interface de démarrage.....	49
Figure 4.2 l'interface principale.....	50
Figure 4.3 Diagramme de Gantt (centre 1).....	51
Figure 4.4 Diagramme de Gantt (centre 2).....	53
Figure 4.5 Diagramme de Gantt (centre 3).....	54

Liste des Tables

Tableau2.1 Données d'un problème d'ordonnancement	25
Tableau3.1 Exemple de sélection à la roulette.....	41
Tableau 4.1 La table des tâches (centre 1).....	50
Tableau 4.2 La table d'affectation de job sur la machine (centre1).....	51
Tableau 4.3 La table des tâches (centre 2).....	52
Tableau 4.4 La table d'affectation de job sur la machine (centre 2).....	52
Tableau 4.5 La table des tâches (centre 3).....	53
Tableau 4.6 La table d'affectation de job sur la machine (centre 3).....	53

Introduction Générale

Introduction générale

La chaîne logistique est une succession de processus internes, du passage de la commande jusqu'à la livraison finale auprès du client.

Les chaînes logistiques sont un résultat, ou plutôt une conséquence, de la déferlante mondialisation et de la globalisation des marchés. En effet, dans un environnement de plus en plus concurrentiel. En étant capable de proposer les meilleurs produits au coût le plus bas et améliorer la qualité de service aux clients, l'entreprise utilise sa chaîne logistique comme un véritable atout compétitif. Les entreprises et organisations diverses dépassent désormais les frontières, deviennent encore plus complexes, et de ce fait de nouveaux défis pour les gérer ont vu le jour. Le regroupement des entreprises ayant des intérêts en commun dans une structure de chaîne logistique pour optimiser les opérations et maximiser les bénéfices et profits conduit vers un nouveau type de concurrence : la concurrence entre chaînes logistiques. Dans ces nouveaux schémas d'entreprises, plusieurs entités doivent collaborer afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles.

Dans le présent mémoire nous étudions des problèmes d'ordonnancement au sein des chaînes logistiques. Nous nous intéressons dans notre problématique à la coordination et la coopération des ordonnancements entre plusieurs partenaires appartenant à la même chaîne logistique mais indépendants les uns des autres. Nous matérialisons cette coordination via l'établissement et la construction d'ordonnancements qui tiennent compte de négociations menées entre les différents centres de décisions appartenant à la chaîne.

Notre travail s'articule autour de cette problématique dans le but de minimiser le temps totale d'exécution pour terminer toutes les tâches (C_{max}) et minimiser la somme des retards (ΣT) on utilise le problème d'ordonnancement pour diminuer les coûts de production et améliorer la qualité des produits. Nous utiliserons les méta-heuristique dans ce travail, et plus particulièrement les algorithmes génétiques pour résoudre le problème étudié qui est un problème multi-objective au niveau opérationnel de chaîne logistique impliquant la coordination entre partenaires pour optimiser le fonctionnement général.

Outre l'introduction générale ce mémoire est structuré en quatre chapitres et une conclusion

Introduction Générale

Le premier chapitre décrit la notion de chaîne logistique et tous les concepts qui y sont liés. Nous définissons la chaîne logistique, ainsi que les principaux types ou architectures de chaînes logistiques

Le deuxième chapitre nous introduisons les concepts, les caractéristiques générales des problèmes d'ordonnancement, et différents types d'ateliers. Nous rappelons brièvement les notions d'ordonnancement d'atelier et de production, ainsi que les méthodes de résolution.

Le troisième chapitre décrit le problème étudié , nous présentons l'approche globale de résolution, les algorithmes génétiques et plus particulièrement NSGA II.

Le quatrième chapitre nous introduisons le langage et son outil utilisé pour résoudre notre problème ,et nous présenterons notre implémentation d'un problème d'ordonnancement avec quelques exemples.

A la fin du ce travail nous finirons par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Les chaines logistiques

Introduction

La chaîne logistique est une fonction importante au cœur des activités industrielles, elle est utilisée pour fournir des produits et des services depuis les matières premières jusqu'aux clients finaux.

Dans ce chapitre nous présentons la logistique, les chaînes logistiques : leurs définitions, leurs conceptions, leur gestion. Nous présentons ensuite les types et les fonctions concernant la chaîne logistique. et de la prise de décisions aux différents niveaux de la chaîne.

1 la logistique

L'origine du mot vient de l'ancienne langue grecque qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. Dans leur ouvrage, « La logistique au service de l'entreprise », Colin et al. ont proposé la définition suivante : « La logistique est le processus stratégique par lequel l'entreprise organise et soutient son activité. À ce titre, on peut déterminer et gérer les flux matériels et informationnels afférents, tant internes qu'externes, en amont qu'en aval. » [01]

2 Les chaînes logistiques

2.1 Définitions

La chaîne logistique englobe l'ensemble des opérations réalisées pour la fabrication d'un produit ou d'un service allant de l'extraction de la matière première à la livraison au client final, en passant par les étapes de transformation, de stockage, et de distribution. On regarde la chaîne logistique comme une toile regroupant plusieurs des activités citées, cela est dû à la complexité des organisations actuelles et à leur dimension internationale. Ajoutés aux flux des matières, la chaîne logistique inclut les flux d'informations et les flux financiers. Chaque étape de transformation ou de distribution peut impliquer de nouveaux acteurs, soit de nouveaux fournisseurs ou de nouveaux clients intermédiaires, avec également des nouveaux flux d'informations. [02] (Voir la figure 1.1)

Il existe énormément de définitions de la chaîne logistique dans la littérature.

Chopra donnent la définition suivante « une chaîne logistique consiste en toutes les étapes impliquées directement ou indirectement dans la satisfaction de la requête d'un client La chaîne logistique inclut non seulement le fabricant et ses fournisseurs, mais aussi les transporteurs, les centres d'entreposage, les détaillants et les clients eux-mêmes ». [3]

Govil et Proth donnent la définition suivante : « la chaîne logistique est un réseau global d'organisations qui coopèrent afin d'améliorer les flux des matériels et des informations entre les fournisseurs et les clients au plus bas coût et à la plus grande vitesse. L'objectif de la chaîne logistique est la satisfaction du client ». [4]

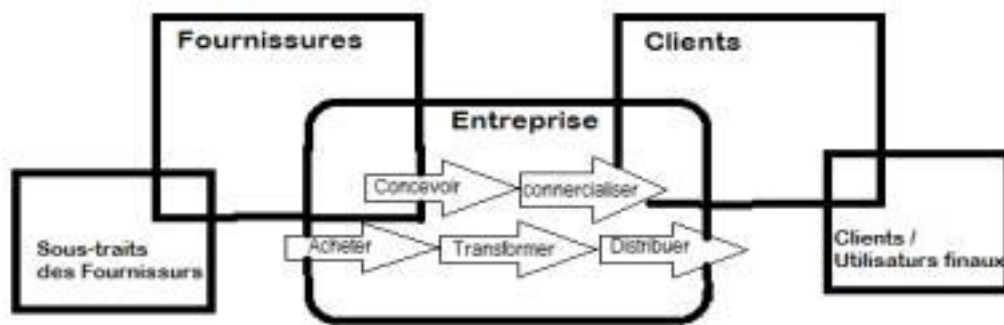


Figure 1.1 Modele de chaine logistique [5].

Ceci nous amène à voir les différents structures physiques des chaînes logistiques.

2.2 Structures physiques des chaînes logistiques

La structure topologique d'une chaîne logistique peut prendre différentes formes, elles peuvent être classifiées comme suit Séquentielle , Divergente , Convergente et Réseau.[6] Ces structures typiques ont pour but d'offrir des cadres de modélisation pour l'étude des chaînes logistiques et sont orientées sur des processus spécifiques.

2.2.1 Séquentielle ou linéaire : consiste en l'existence d'un pôle ou entité alimentant une seule autre entité. On peut aussi trouver un ensemble de structures dépendant d'autres entités[7].

2.2.2 Divergente ou de distribution : est une chaîne alimente plusieurs clients, plusieurs fournisseurs ou réseaux.

2.2.3 Convergente ou d'assemblage : là où plusieurs fournisseurs alimentent un client ou une entreprise.

2.2.4 La structure réseau : est la composition entre la structure convergente et divergente. (voir Figure 1.2.).

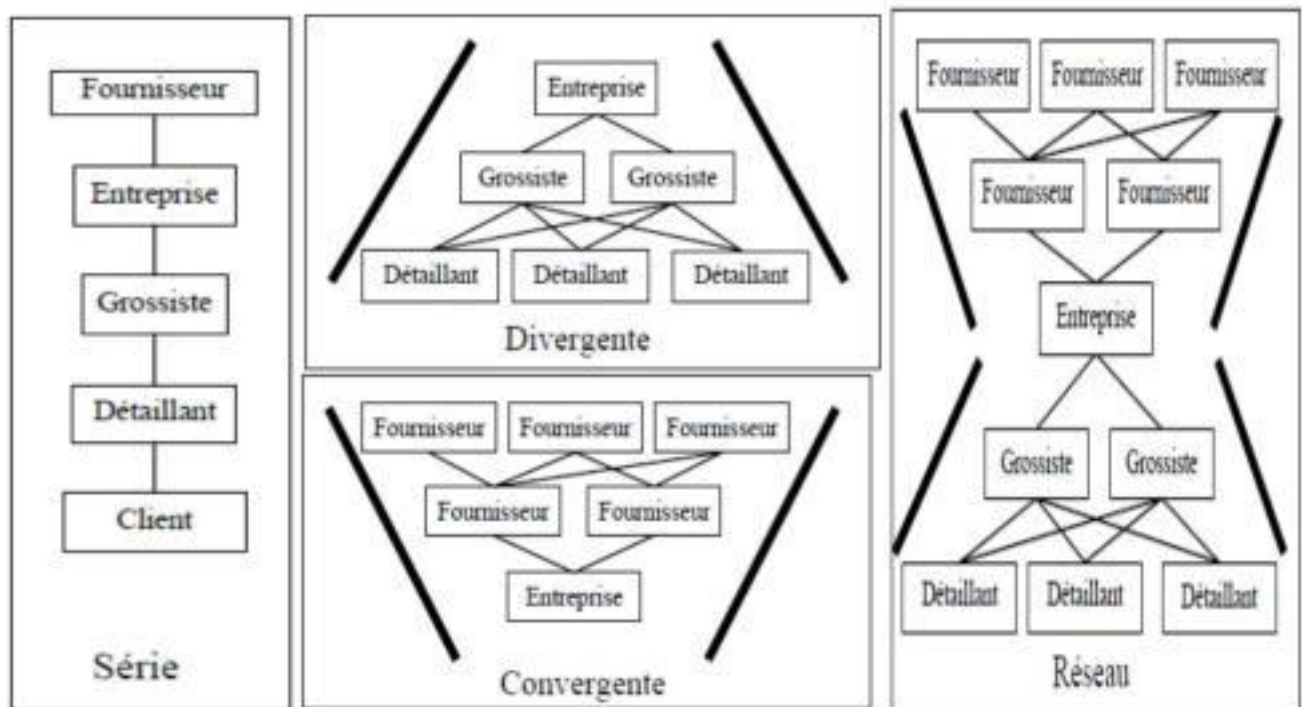


Figure 1.2 Structures possibles d'une chaîne logistique [8].

2.3 Types des chaînes logistiques

On a vu que la chaîne logistique est composée d'un ensemble d'acteurs ou de partenaires qui achètent, produisent, stockent, transportent et vendent des biens ou des services, peuvent dégager des marges bénéficiaires revenant à chaque partenaire. Les typologies des chaînes logistiques diffèrent selon les propriétés des acteurs qui y interviennent.

2.3.1. la chaîne logistique globale

Si les entreprises qui composent une même chaîne logistique ont des sites dans plusieurs pays, on parle alors de chaîne logistique globale. Dans ce cas, les aspects relatifs à l'importation et à l'exportation comme le taux de change, les taxes douanières, les assurances, et les législations doivent être pris en compte. La figure suivante montre un exemple d'une chaîne logistique typique.(Figure 1.3).

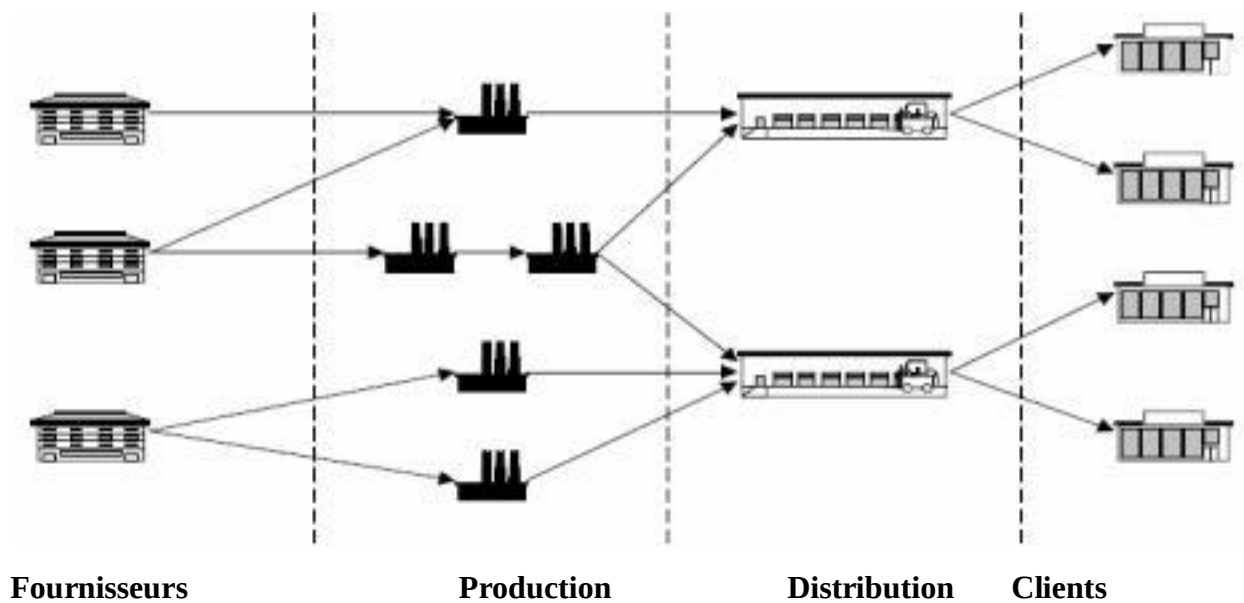


Figure 1.3 chaîne logistique globale [2].

2.3.2 la chaîne logistique interne

Si les partenaires appartiennent tous à la même entité juridique (même si l'entreprise est multi sites) alors on parle de chaîne logistique interne [2].(Figure 1.4)



Figure 1.4 chaîne logistique interne [2].

2.3.3. entreprise étendue

Si plusieurs entreprises collaborent au sein de la chaîne logistique, mais l'une d'entre elle joue un rôle dominant et central, on parle alors d'une entreprise étendue. Browne et al ,ont défini l'entreprise étendue comme étant une organisation ou une forme d'entreprise représentée en tout ou en partie par les clients, les fournisseurs et les sous traitants engagés d'une façon collaborative pour la conception, le développement, la production et la livraison de produits pour les utilisateurs finaux. La figure suivante montre un schéma d'une entreprise étendue.[2](Figure 1.5)

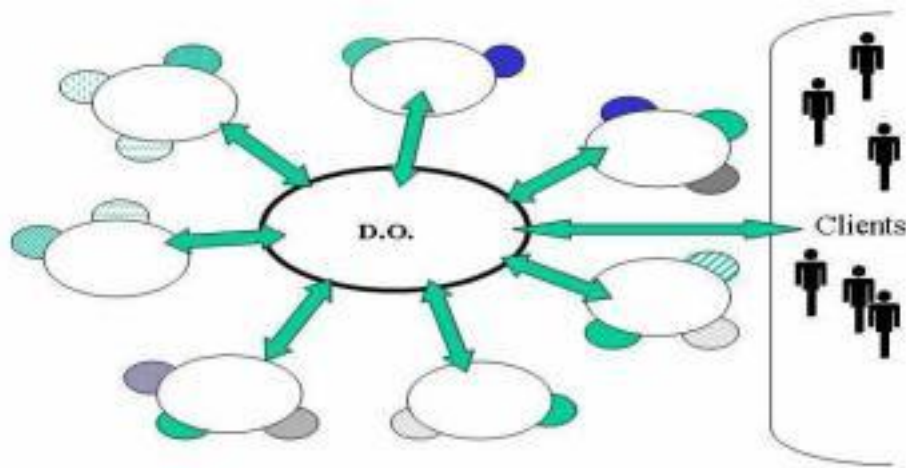


Figure 1.5 entreprise étendue [2].

2.3.4. entreprise virtuelle

Dans le cas où plusieurs entreprises collaborent au sein de la chaîne logistique, mais où le pilotage est décentralisé ou est au minimum semi décentralisé avec des négociations bilatérales entre couples de partenaires, on parle alors d'une entreprise virtuelle qui peut être composée d'unités de production coopérant entre elles, des magasins, et des unités de transport oeuvrant pour des objectifs communs, pour faire face à la concurrence. L'entreprise virtuelle cherche à exploiter des opportunités volatiles, à accéder à de nouveaux marchés et à partager les coûts et les risques, ceci sans superstructure organisationnelle importante, en recourant aux nouvelles possibilités offertes par les technologies de l'information et de la communication. Le concept d'entreprise virtuelle peut être résumé comme le regroupement

d'entreprises dans le sens d'alliances stratégiques ou opportunistes[2]. La figure suivante montre un schéma d'une entreprise virtuelle à niveaux.(Figure 1.6)

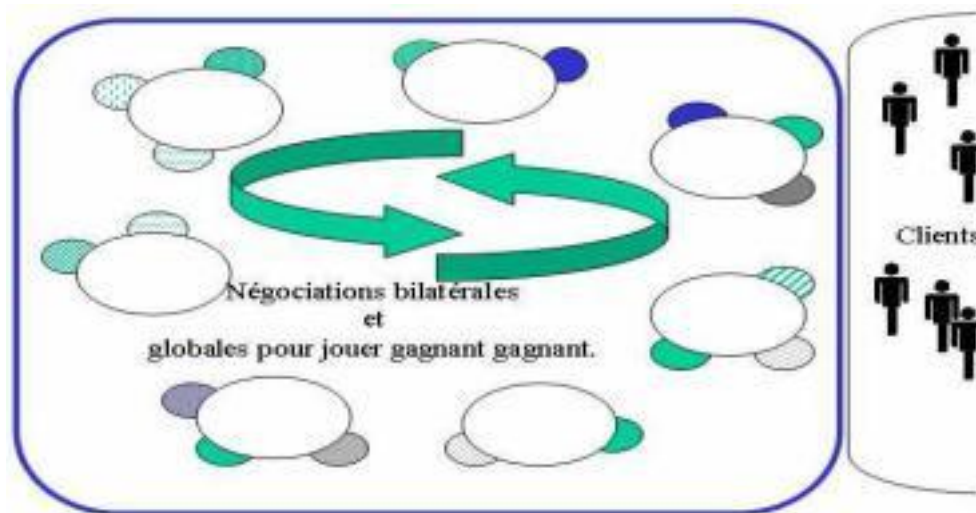


Figure 1.6 entreprise virtuelle [2].

2.4 Les flux de la chaîne logistique

Il y a trois catégories des flux nécessaires pour Le bon fonctionnement d'une entreprise : les flux d'information, les flux physique et les flux financier. Comme le montre la Figure (1.7).

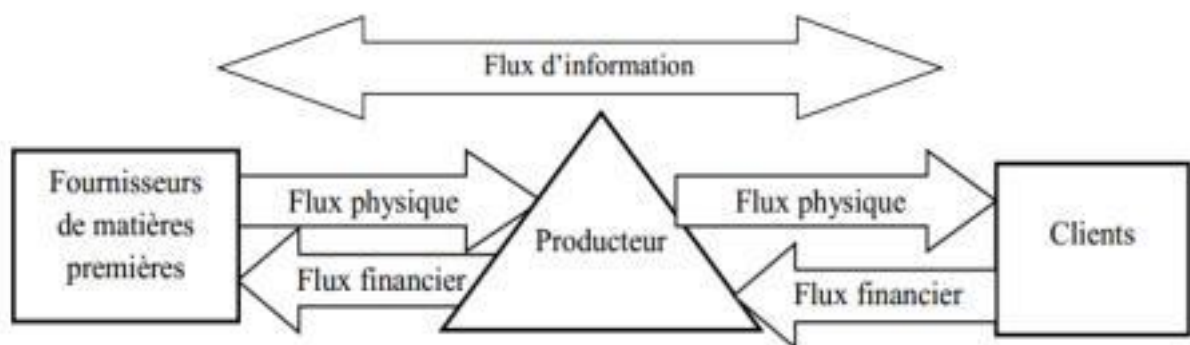


Figure 1.7 Modélisation des flux d'une chaîne logistique [9].

2.4.1 Les flux d'information

Le flux d'information est constitué l'ensemble des transferts ou échanges de données entre les différents acteurs de la chaîne logistique dans les deux sens. Il est composé en deux flux qui sont essentiels pour un bon fonctionnement d'une chaîne logistique : les flux de donnée et les flux de décision . le flux d'information est déclenchée Lorsque le client passe une commande.

2.4.2 Le flux physique (produit)

Ces flux constituent le coeur d'une chaîne logistique, sans lesquels les autres flux n'existeraient pas. Ils peuvent être regroupés en trois étapes : produire, stocker et transporter. le flux physique est constitué par le déplacement et le stockage des marchandises transportées depuis les matières premières jusqu'aux produits finis.

2.4.3 Le flux financier

Le flux financier concerne toute la gestion pécuniaire des entreprises : ventes des produits, achats de composants ou des matières premières, mais aussi des outils de production, de la location d'entrepôts,...et bien sûr du salaire des employés. Le flux financier est généralement géré de façon centralisée dans l'entreprise dans le service financier ou comptabilité, en liaison toutefois avec la fonction production par les services achats et le service commercial [10].

2.5 Les fonctions de chaine logistique

les fonctions de la chaine logistique se reflètent dans d'achat des matières premières , et les convertir en produits semi finie ,puis en produits finis , et fournir les produits finaux aux clients ,grâce à la production , le stockage et la distribution.

2.5.1 L'approvisionnement

C'est la fonction le plus important dans la chaîne logistique. Ouzizi dit que [11] Les matières et les composants approvisionnés constituent de 60% à 70% des coûts des produits fabriqués dans une majorité d'entreprises. Réduire les coûts d'approvisionnement contribue à réduire les coûts des produits finis .

fonction approvisionnement n'est pas autonome, elle est étroitement liée aux autres fonctions de l'entreprise et conditionne leur performance.

2.5.2 La production

La production est le processus de fabriquer, développer ou transformer les matières premières en produits ou services. capable à satisfaire une demande, à l'aide de facteurs de production acquis sur le marché. il est au cœur de la chaîne logistique.

2.5.3 Le stockage

Le stockage inclut toutes les quantités stockées tout au long du cycle d'exploitation de l'entreprise (le stock de matières premières, le stock des composants, et finalement le stock des produits finis). Ici aussi se pose la question de l'équilibre à trouver entre une meilleure réactivité et la réduction des coûts.[7]

2.5.4 Distribution et transports

La distribution est un élément intermédiaire dans la chaîne qui permet de :

- transport des matières premières.
- transport des composants entre les usines.
- transport des composants vers les centres d'entreposage ou vers les centres de distribution.
- la livraison des produits finis aux clients.

2.5.5 La vente

La fonction de vente est la fonction ultime dans une chaîne logistique, son efficacité dépend des performances des fonctions en amont. Si on a bien optimisé pendant les étapes précédentes, alors on facilite la tâche du personnel chargé de la vente, car ils pourront offrir des prix plus compétitifs que la concurrence, sinon les marges seront très étroites et les bénéfices pas très importants, voire même engendrer des pertes.[2]

3 La gestion de la chaîne logistique ou supply chain management

Il existe une distinction entre la chaîne logistique et la gestion de la chaîne logistique . la gestion de chaîne logistique cite l'ensemble des méthodes, moyens, ressources et processus pour à gérer et à améliorer les performances de la chaîne logistique .

Hugos donne la définition suivante : « le supply chain management est la coordination de la production, du stockage, de la localisation, et des transports à travers tous les participants à la chaîne logistique afin d'avoir la meilleure combinaison de réactivité et d'efficacité par rapport au marché desservi ».[12]

4 Les décisions dans la chaîne logistique

Pour concevoir une chaine logistique doit prendre un groupe de décisions. Cet ensemble de décisions peut s'envisager sur trois niveaux hiérarchique : décisions stratégiques, décisions tactiques, et décisions opérationnelles.(Figure 1.8)

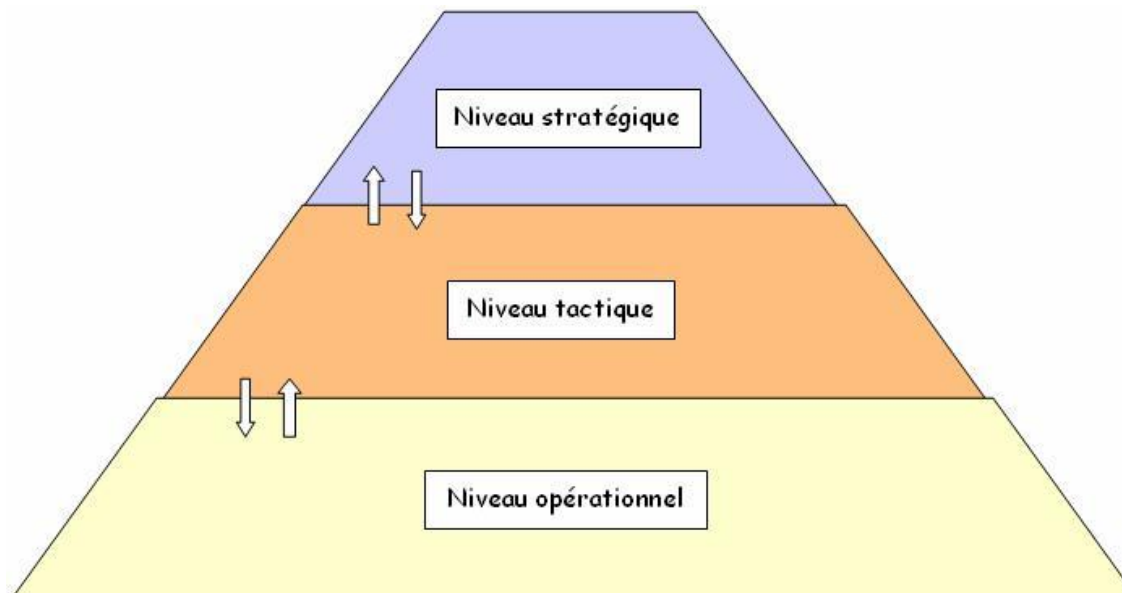


Figure 1.8 pyramide des niveaux de décisions[2].

4.1 Les décisions stratégiques

Les décisions stratégiques sont des directives et des lignes d'actions dans une période de 6 mois à plusieurs années. Elles créent une chaîne logistique et incluent toutes les décisions de conception de chaîne logistique. Nous donnons dans ce qui suit une liste non exhaustive des décisions stratégiques :

- Choisir les partenaires de la chaîne logistique .
- Recherche de la complémentarité des compétences .
- Choix et nombre de fournisseurs .
- le développement d'un nouveau produit.
- l'affectation d'une nouvelle zone d'approvisionnement à un centre de distribution (entrepôt).
- Déterminer le nombre de sites de productions ou de stockage .
- Capacité des sites .
- Choisir les moyens de transport .

4.2 Les décisions tactiques

Les décisions tactiques concernent de produire au moindre coût pour les demandes prévisibles. Cette décision est généralement prise en moins de 18 mois. Cette décision dépend de l'état de l'art du mode de transport et de la quantité demandée par chaque client. Nous donnons quelques décisions tactiques :

- Les quantités à produire pour chaque produit et les quantités des matières premières nécessaires.
- Trouver une allocation optimale des fournisseurs aux sites de production.
- Planifier la production à tous les niveaux et les transports associés, ainsi que la maintenance des outils de production et des moyens de transport.
- Gérer tous les stocks induits ainsi que trouver l'allocation optimale des produits aux sites de stockage.
- Allocation des sites de stockage aux clients pour optimiser le plus souvent les coûts de transports ou de livraisons.

4.3 Les décisions opérationnelles

Les décisions opérationnelles sont prises pour un horizon de très court terme pour assurer la gestion des moyens et le fonctionnement au jour le jour de la chaîne logistique. Au niveau opérationnel, la configuration de la chaîne logistique est déjà fixée et les politiques de planifications déjà définies. l'objectif à ce niveau est de répondre aux requêtes des clients d'une façon optimale en respectant les contraintes établies par les configurations et les politiques de planification choisies aux niveaux stratégiques et tactiques.[2]

- la gestion et le contrôle des stocks.
- l'ordonnancement de la production et la définition des programmes de transport et de livraison.
- Placement plus précis des activités de maintenance préventive.
- Affectation des ressources aux tâches (matérielles et humaines) de manière dynamique en fonction des aléas.

5 Optimisation de la chaîne logistique

L'optimalité de la qualité de service en logistique sous-entend une satisfaction des utilisateurs du système proposé de par l'intégration des fonctionnalités nécessaires à la bonne gestion de la chaîne logistique. Dans ce sens, le concept d'optimisation a retenu toute notre attention. L'optimisation a été introduite dans un souci d'amélioration des services fournis peu importe le domaine auquel ils s'appliquent. Un problème d'optimisation concerne l'exécution de méthodes spécifiques en quête d'un optimum.[13]

6 Les mécanismes de concertation dans la chaîne logistique

Dans une chaîne logistique, nous pouvons trouver plusieurs formes d'interaction (ou relation) entre les différentes entités .la coordination, la coopération et la collaboration permettant de piloter et de contrôler les flux collectivement.

6.1 la coordination

la coordination peut être perçue comme un processus qui se base sur la prise en charge commune des actions ou d'une condition ou encore sur le fait d'agir dans une voie de concertation. Cependant, la prise de décision pour le mécanisme de coordination, peut être soit décentralisée (la décision est partagée entre tous les acteurs de la chaîne logistique), soit centralisée en se reposant sur une seule organisation. [14]

6.2 la coopération

une relation de coopération nécessite un partage d'informations selon le besoin et la prise de décision est maintenue par chaque organisation ce qui induit la disparition virtuelle du risque. Chaque acteur dans la chaîne logistique traite individuellement ses ressources et ses bénéfices.[14]

6.3 la collaboration

De manière analogue à la coordination, la collaboration comme mécanisme de concertation est définie comme étant une relation bien définie avec des bénéfices mutuels entre deux ou plusieurs organisations pour réaliser des objectifs communs . Néanmoins, elle se distingue par sa structure collaborative qui détermine (i) la prise de décision collective et décentralisée dans la structure (ii) les ressources mises en commun ou conjointement sécurisées et (iii) la prise en charge partagée du produit.[14]

7 Les mesures de la performance de la chaîne logistique

Nous devons définir un ensemble d'indicateurs pour mesurer cette performance. Un indicateur de performance est défini par Courtois et al comme « une donnée quantifiée qui mesure l'efficacité de tout ou partie d'un processus ou d'un système, par rapport à une norme, un plan ou un objectif qui aura été déterminé et accepté, dans le cadre d'une stratégie d'ensemble ».[2] La question qui est posée est donc : comment mesurer l'efficacité d'une chaîne logistique ?.

Chopra et Meindil identifient six indicateurs de performance :

- **Les infrastructures** : ce sont les produits stockés, assemblés, ou fabriqués. Les décisions concernant leurs rôle, localisation, capacité et flexibilité influencent la performance de la chaîne logistique.
- **Les stocks** : ceci comprend tous les stocks de matières premières et les produits finis. Changer les politiques de stocks influence la réactivité de la chaîne logistique.
- **Les transports** : incluant aussi les transport internes de stocks ou de produit semi finis. La politique de transport est une combinaison de choix de modes de transport et d'établissement de programmes de livraison. La performance de la fonction transport sur la réactivité et l'efficacité de la chaîne est importante surtout que pour la plupart des compagnies les coûts de transports représentent le tiers des coûts globaux.
- **L'information** : elle est constituée des données concernant les infrastructures, le stock, les transports, les coût, les prix, les client. Ce peut être l'indicateur majeur de performances de la chaîne logistique car la performance de cette fonction influe directement sur l'ensemble des autres indicateurs.
- **Sourcing** : il s'agit de déterminer qui doit réaliser une activité à travers la chaîne comme la production, le stockage ou les transports.
- **Les prix** : il s'agit de donner une valeur et un prix aux biens et services que la chaîne logistique produit. Les prix influencent le comportement des clients et ainsi les performances de la chaîne. [3] (voir Figure 1.9).

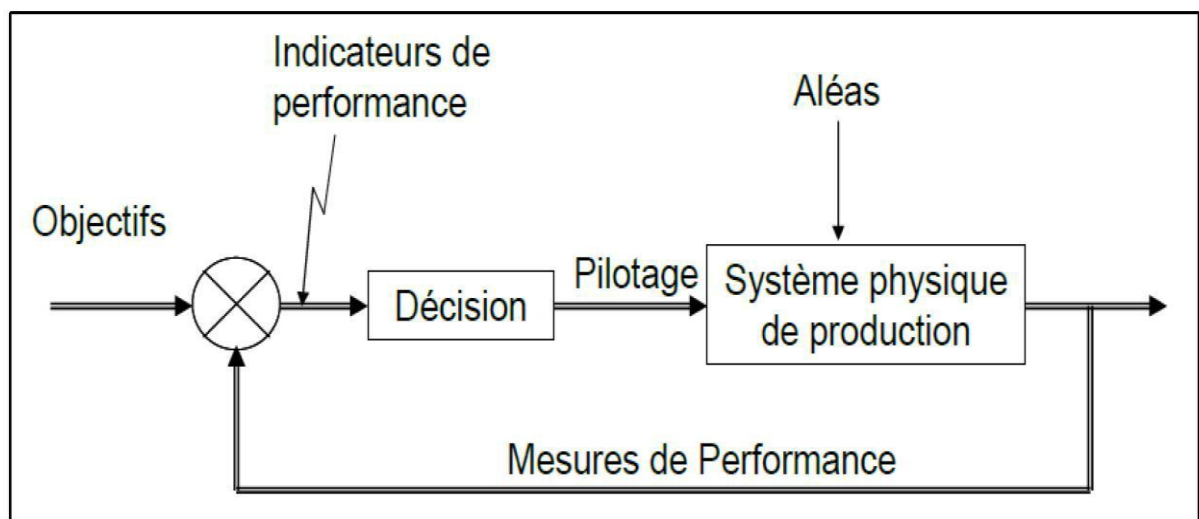


Figure 1.9 Système d'indicateurs de performance [15].

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons exposé les concepts liés à la chaîne logistique nous avons donné une définition simple de la logistique et des chaînes logistiques. leurs composantes, les participants, la gestion des chaînes logistiques, et enfin nous avons parlé de la les mesures de performances da la chaîne logistique. Dans le chapitre suivant, nous présentons des problèmes d’ordonnancement et de leurs principales caractérisations.

CHAPITRE 2 : Ordonnancement de la production**Introduction**

L'ordonnancement ou Scheduling en anglais est une fonction essentielle en gestion de la production, qui désigne le procédé par lequel des priorités successives sont données à des tâches différentes.

Dans ce chapitre Nous présentons tout d'abord ce qu'est un problème d'ordonnancement ensuite nous allons représenter les différents éléments qui le déterminent, ensuite nous allons représenter les types des problèmes d'ordonnancement . puis nous allons expliquer les différentes méthodes de résolution du problème d'ordonnancement. Nous terminons ce chapitre par la description de l'ordonnancement et coopération dans les chaînes logistiques.

1 Gestion de la production

La gestion de la production se situe au niveau tactique et opérationnel de la chaîne logistique. Il occupe une place importante dans une entreprise. La gestion de la production s'agit de faire la planification de la production en termes de quantités à produire et de types de produits à faire.

2 Ordonnancement**2.1 Définition**

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 jusqu'à l'informatique.[16]

Pour Carlier et Chrétienne « un problème d'ordonnancement consiste à «programmer l'exécution d'une réalisation en attribuant des ressources aux tâches et en fixant leurs dates d'exécutions ». [17]

Pour Aggoune « étant donné un ensemble de travaux à accomplir et un ensemble de ressources permettant leur réalisation, le problème d'ordonnancement consiste à déterminer, d'une part l'affectation des ressources aux différentes tâches composant les travaux, et d'autre part, les dates d'exécution de ces tâches, de telle sorte qu'une fonction objectif donnée soit optimisée ». [18]

2.2 Les éléments d'un problème d'ordonnancement

2.2.1. Les tâche (Jobs)

ce sont des travaux qui nécessite un certain nombre d'unités de temps pour le réaliser. Elles sont caractérisées par une date de début d'exécution t_i , une date de fin d'exécution c_i , et par une durée opératoire (durée d'exécution) p_i . Dans l'ordonnancement de la production, les jobs à faire correspondent aux commandes des clients. Certaines contraintes techniques ou économiques peuvent associer aux tâches des dates de début au plus tôt r_i ou des dates de fin au plus tard d_i . Selon les problèmes, les tâches peuvent être exécutées sans aucune interruption (tâches non préemptives), ou par morceaux (tâches préemptives). La figure 2.1 illustre les caractéristiques temporelles d'une tâche.

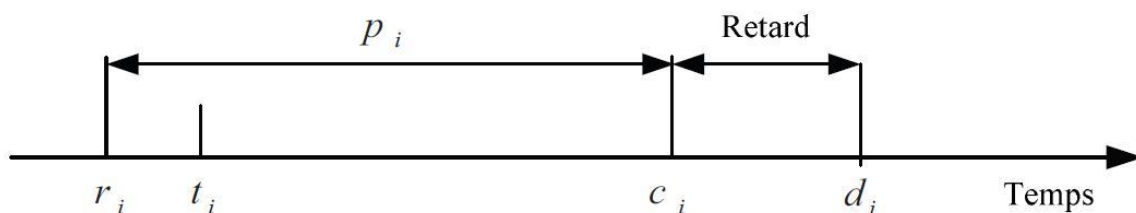


Figure 2.1 Caractéristiques temporelles d'une tâche[16]

2.2.2 Les Ressource

ce sont des moyen humains ou matériels alloués aux tâches . On distingue :

- **Ressources Disjonctives ou non partageables** : ne peuvent exécuter qu'une seule tâche a la fois .
- **Ressources Cumulatives ou partageables**: peuvent exécuter plusieurs tâches a la foi.

- **Ressources Renouvelables** : qui toujours disponibles en même quantité (les hommes, les machines, l'espace, l'équipement en général, etc.), .
- **Ressources Consommables ou non renouvelables**: matières premières, budget, etc.

2.2.3 Les contraintes

ce sont les clauses de réalisation , elles déterminent les solutions faisables (admissibles) . On peut distinguer quatre grandes catégories de contraintes : temporelles , endogènes, exogènes et de ressources.

- **Contraintes temporelles** : Le premier type concerne les délais de fabrication imposés. Ces contraintes sont relatives aux dates limites des tâches ou du projet entier. On a surtout :
 - La date de disponibilité .
 - La date d'échéance .
- **Les contraintes endogènes** : Elles constituent des contraintes directement liées au système de production et à ses performances dont les dates de disponibilité ou les tests des machines et des moyens de transport et les séquences des actions à effectuer ou les gammes des produits.
- **Les contraintes exogènes** : Imposées extérieurement, elles sont indépendantes du système de production ; on distingue :
 - les dates de fin de fabrication au plus tard du produit.
 - les priorités de quelques commandes et de quelques clients.
 - les retards possibles accordés pour certains produits.
- **Contraintes de ressources** : Le dernier type de contraintes concerne la limitation de la quantité de ressources de chaque type. Ces contraintes distinguent les différents types de ressources, qui peuvent être disjonctives ou cumulatives . [16]

2.2.4 Les critères

ce sont les objectifs à optimiser . Les critères s'expriment généralement en termes de durée, de retard, et de coût. Parmi les critères les plus utilisés :

- Minimisation de la date de fin d'ordonnancement (makespan), $C_{\max} = \max(C_j/1 \leq j \leq n)$,

Ce critère permet de minimiser le temps de séjour total de l'ensemble des produits et donc de maximiser la productivité.

- La somme des dates de fin des jobs $\sum C_j$ qui minimise le temps de séjour moyen.
 - Le plus grand retard $L_{\max} = \max(C_j - d_j / 1 \leq j \leq n)$ tel que j désigne la date butoir associée au job j .
 - La somme des retards $\sum T_j = \sum \max(0, C_j - d_j)$.
 - Le nombre de travaux en retard $\sum U_j$ tel que $U_j = 1$ si $C_j > d_j$ (job j en retard) et $U_j = 0$ sinon.

3 Ordonnancement d'ateliers

3.1 Classification des problèmes d'ordonnancement

Tous problème d'ordonnancement est décrit par un triplet de chaînes de caractères proposée par Graham et al, 1979 de forme $\alpha / \beta / \gamma$ tel que :

- α décrit l'environnement des machines (ressources) .
- β décrit les caractéristiques d'exécuter et les contraintes ,quelque exemples paramètres de champs β :
 - $\beta = \text{pmtn}$: présence de préemption .
 - $\beta = \text{prec}$: présence de contraintes de précédences .
 - $\beta = \text{rj}$: présence de date début (Date de disponibilité ou Release dates).
 - $\beta = \text{dj}$: présence de date fin (Les délais) .
 - $\beta = \text{nwt}$: Sans attente (no wait) .
- γ décrit le critère à optimiser (la fonction objectif).

Dans le cas des problèmes d'atelier, une tâche est une opération, une ressource est une machine et chaque opération nécessite pour sa réalisation une machine.

Les différents problèmes que l'on rencontre en ordonnancement dépendent principalement des machines et de l'enchaînement des opérations. On distingue trois catégories , La première regroupe les problèmes pour lesquels chaque tâche nécessite une seule machine (ressources). Dans la deuxième, chaque tâche demande plusieurs machines pour son exécution. Dans la troisième catégorie, les machines sont regroupées en étages distincts[16]. Selon la gamme de fabrication, on distingue trois types d'ateliers (Flow shop , Job Shop , Open Shop).(Figure 2.2)

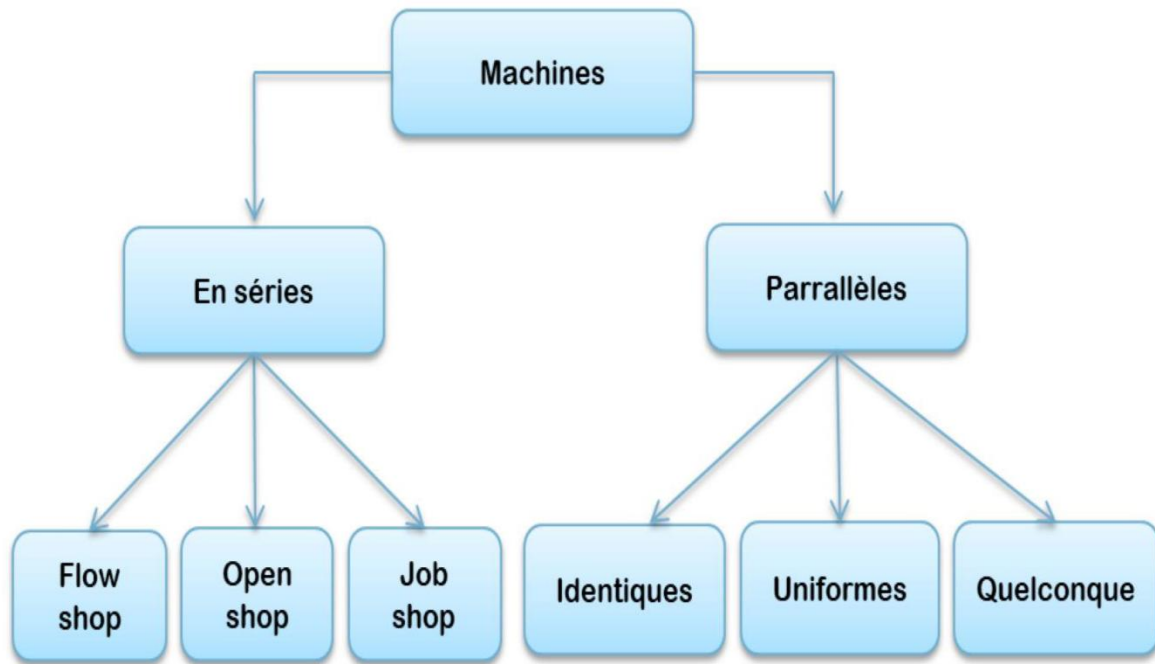


Figure 2.2 Les différents types des problèmes d'ordonnancement d'atelier [19] .

3.1.1 Ordonnancement sur une seule machine ($\alpha = 1$)

chaque travail comprend une seule opération à laquelle il est assimilé. Dans ce cas, le problème d'ordonnancement se résume au séquençement des opérations.

3.1.2 Ordonnancement sur machines parallèles

Ce type d'atelier peut être divisé en trois sous-catégories selon la vitesse d'exécution des machines :

- **Machines identiques en parallèle ($\alpha = pm$)** : toute tâche peut s'exécuter sur n'importe quelle machine avec une même durée d'exécution.
- **Machines uniformes en parallèle ($\alpha = Qm$)** : chaque machine exécute une tâche avec sa propre vitesse .
- **Machines indépendantes en parallèle ($\alpha = Rm$)** : la vitesse de chaque machine dépend de l'opération à effectuer (les tâches ne sont pas exécuter a la même vitesse). [16]

3.1.3 Ordonnancement sur plusieurs machines en séries :

- **Atelier mono-gamme (Flow shop) :** ($\alpha = Fm$) , appelés aussi « atelier à cheminement unique », les machines sont en série (séquentielle). toutes les opérations passent par toutes les machines dans le même et unique ordre. La figure 2.3 illustre un atelier de type flowshop : l'ensemble des produits initiaux $\{Pi\}$ passe successivement sur toutes les machines $M1...M5$ pour donner un ensemble de produits finis $\{Pf\}$.

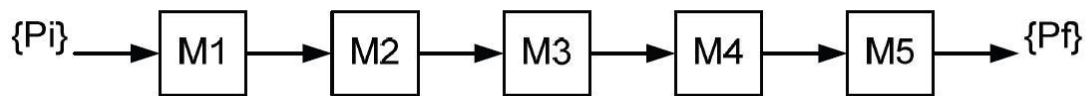


Figure 2.3 Atelier Flowshop [16]

- **Atelier mono-gamme flexible (Flow shop hybride) :** ($\alpha = FFc$) C'est un Flow Shop avec des étages de machines au lieu des machines . l'ordre de passage des opérations dans les k étages est le même, en utilisant une seule machine par étage. La figure 2.4 présente un atelier de type Flow shop hybride.

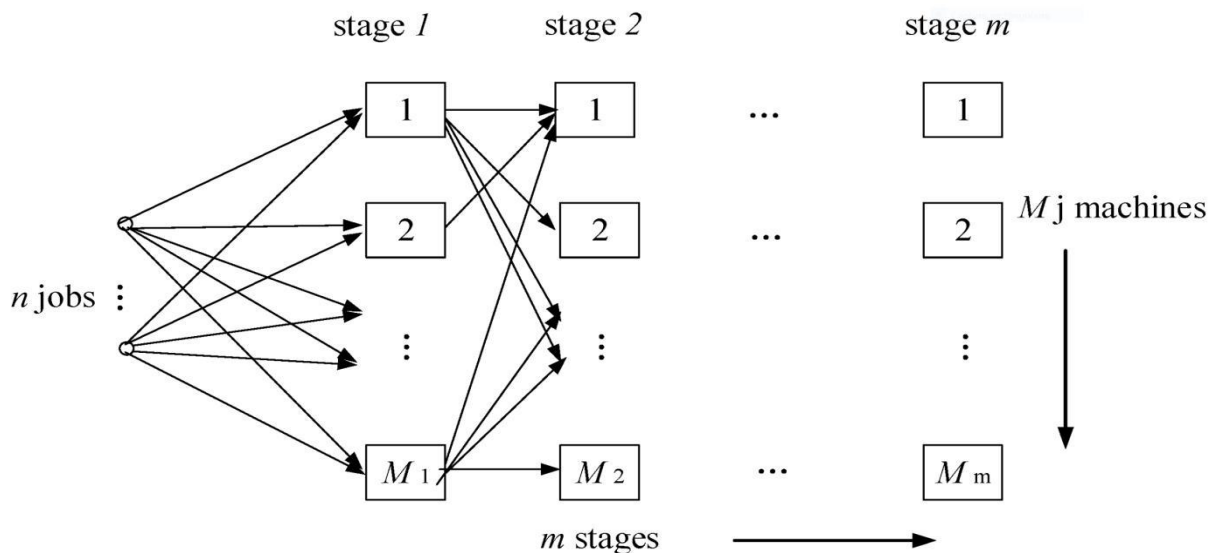


Figure 2.4 Flow Shop Hybride à m étages.

- **Atelier multi-gammes (job shop)** : ($\alpha = Jm$) , appelés aussi ateliers à cheminements multiples, Chaque tâche doit être exécuter par toutes les machines dans un ordre prédéfini . La figure 2.5 présente un atelier de type job shop.

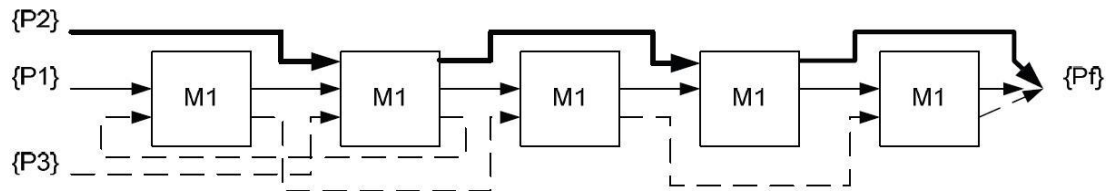


Figure 2.5 Atelier Jobshop[16]

- **Atelier multi-gammes flexible (job shop hybride)** : ($\alpha = FJc$), c'est un hybridation de jobshop et machine parallèle identique. Le Jobshop flexible est une extension du modèle jobshop classique. Sa principale particularité réside dans le fait que plusieurs machines sont potentiellement capables de réaliser un sous ensemble d'opérations. Une opération est associée, plus précisément à un ensemble contenant toutes les machines pouvant effectuer cette opération.
- **Atelier ouvert (open shop)** : ($\alpha = Om$), C'est un atelier à cheminement libre, A la différence de jobshop l'ordre d'exécution des opérations n'est pas fixes . la tâche ne peut pas passer par certaines machines .

4 Complexité des problèmes d'ordonnancement

La difficulté des problèmes d'ordonnancement peut être spécifiée en fonction des données dont le nombre de machines et le nombre de tâches. Elle peut être définie aussi suivant la complexité des méthodes de résolution et celle des algorithmes utilisés. On distingue deux types de complexité: algorithmique et problématique.

4.1 Complexité algorithmique

Quantité de ressources consommée par l'algorithme ;on distingue deux types , l'une c'est la complexité spatiale (l'espace mémoire) et l'autre c'est la complexité temporelle (le temps) .

4.2 Complexité problématique

La complexité problématique dépend de la difficulté du problème à résoudre et du nombre des opérations élémentaires qu'un algorithme peut effectuer pour trouver l'optimum en fonction de la taille du problème. Selon son degré de complexité, un problème peut appartenir à l'une des quatre classes suivantes :

- les problèmes les plus difficiles : sont des problèmes pour lesquels il n'existe aucune méthode de résolution.
- les problèmes de la classe P : Ce sont des problèmes polynomiaux s'il existe un algorithme de complexité polynomiale pour leur résolution,
- les problèmes de la classe NP : Ce sont des problèmes NP-difficiles, qui ne peuvent à priori être résolus en un temps polynomial que par des méthodes approchées (heuristiques).
- les problèmes NP-Complets : s'il existe un algorithme polynomial pour résoudre A, alors, pour tout le reste des problèmes de la classe NP-Complets, il existe des algorithmes polynomiaux pour les résoudre.[16]

5 Représentations des ordonnancements

Un problème d'ordonnancement peut être modélisé par un graphe disjonctif ou graphe potentiel– tâches (PERT) .

5.1 Réseau PERT

(Program Evaluation Research task) c'est un réseau permettant de visualisation un ordonnancement afin de calculer la durée d'un projet . le réseau PERT est composé d'étapes (les sommets) et les tâches (les arcs) et leurs durée . (Figure 2.6)

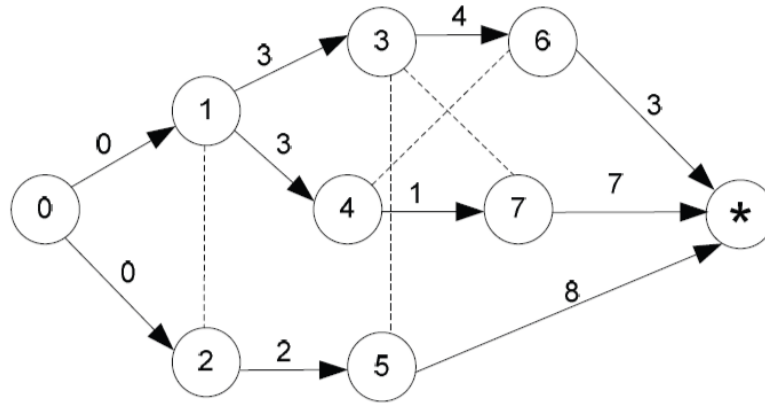


Figure 2.6 Graphe Potentiel-Tâche[16].

Tâches	Durée opératoire	Contrainte de précédence	Ressources
1	3	-	M1
2	2	-	M1
3	4	1	M2
4	1	1	M3
5	8	2	M2
6	3	3	M3
7	7	4	M2

Tableau 2. 1 Données d'un problème d'ordonnancement [16].

5.2 Diagramme de Gantt

Diagramme de Gantt du nom de son développeur Henry Gantt ; est un outil permettant de modéliser la planification des tâches nécessaires à la réalisation d'un projet ; ou :

- les abscisses sont les dates (le temps).
- les cordonnées sont les tâches (ou leur opérations).
- la tâche est représentée par un segment de droite. (Figure 2.7)

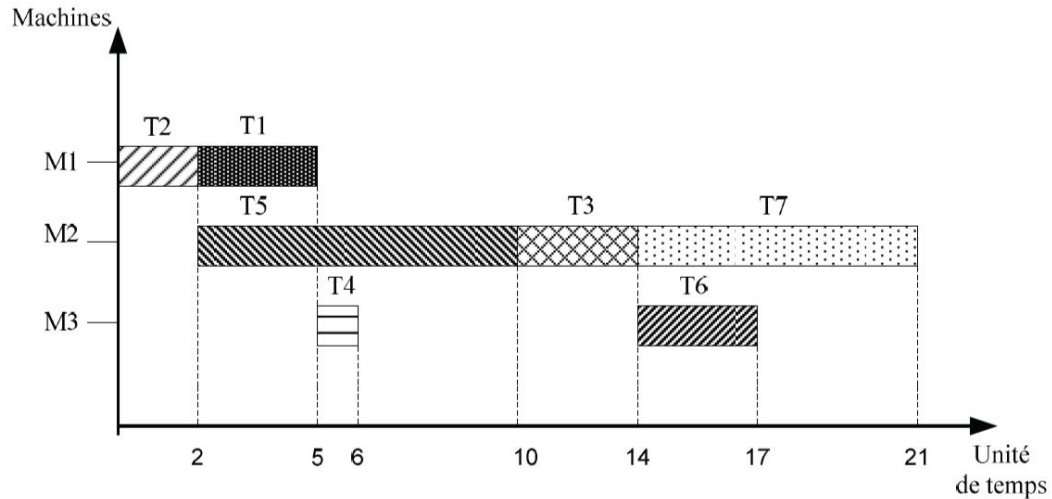


Figure 2.7 Diagramme de Gantt.[17]

6 Les méthodes de résolutions :

Après la description des problèmes d'ordonnancement et la présentation des structures d'ateliers, nous nous intéressons maintenant aux méthodes de résolutions de ces problèmes. il y a deux méthodes les méthodes exactes, et les méthodes approchées.

6.1 les méthode exactes :

les méthodes exactes consiste à résoudre problèmes d'optimisation combinatoire de petits taille et trouves la solution optimale .il s'agit d'une méthode implicite , toutes les solutions dans l'espace de recherche. Les méthodes exactes les plus utilisées pour les problèmes d'ordonnancement sont (Figure 2.8):

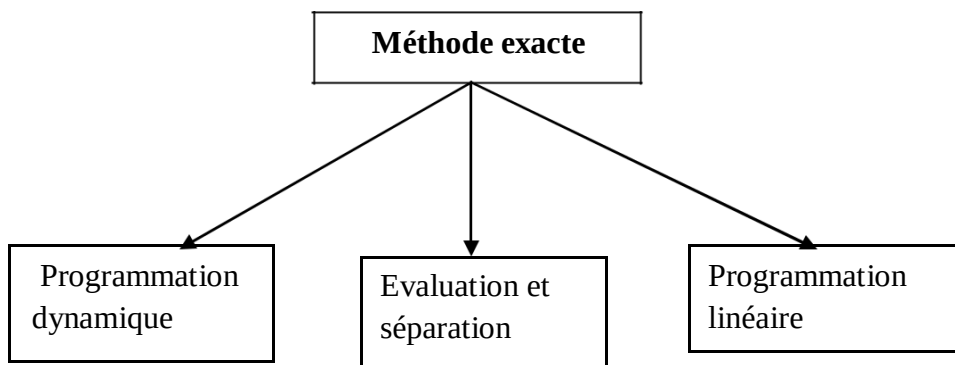


Figure 2.8 Classification des méthodes d'optimisation combinatoire.

- **La programmation dynamique** : Utilisé cette méthode dans le cas la fonction objective possède la propriété de décomposition. cela dépend repose sur l'analyse des problèmes en étapes (sous-problèmes) .et la solution optimale dans la programmation dynamique est un somme de sous-problèmes résolus de façon optimale.
- **Les procédures par séparation et évaluation (branch and bound)** : le principe est décomposition du problème de façon arborescente en sous problèmes. dans cette méthode nous trouvons la meilleure solution puisqu'on analyse tous les sous-ensembles de solutions possibles.

Le fonctionnement général de cet algorithme est divisé en trois étapes :

- **La séparation** : Cette stratégie consiste à construire l'arbre d'exploration .

- **L'évaluation** : Permet de réduire l'espace de recherche en exclure certaine branches de l'arbre qui ne contiennent pas la solution optimale

- **Le parcours de l'arbre** :

-La profondeur d'abord : c'est à dire en descendant dans les branches jusqu'à trouver une solution (feuille) ou une solution que l'on peut éliminer

-Le meilleur d'abord : Cette stratégie consiste à explorer des sous-problèmes possédant la meilleure borne.

-La largeur d'abord : Cette stratégie favorise les sommets les plus proches de la stratégies présentées.

- **La programmation linéaire** : La programmation linéaire (PL) consiste à la résolution de problèmes complexes visant à obtenir le meilleur résultats possible en tenant compte de certaines contraintes.

6.2 Les méthodes approchées

Les difficultés rencontrées par les méthodes exactes pour la résolution des problèmes d'optimisation de grande taille en un temps raisonnable ont incité les chercheurs à trouver des alternatives connues sous l'appellation : méthodes approchées. [20]

Ces méthodes est s'appliquer à n'importe quelle classe de problèmes, elle est basée sur la recherche d'une solution proche de l'idéalisme dans un délai raisonnable . on distingue deux classe heuristique et les méta-heuristique. (Figure 2.9)

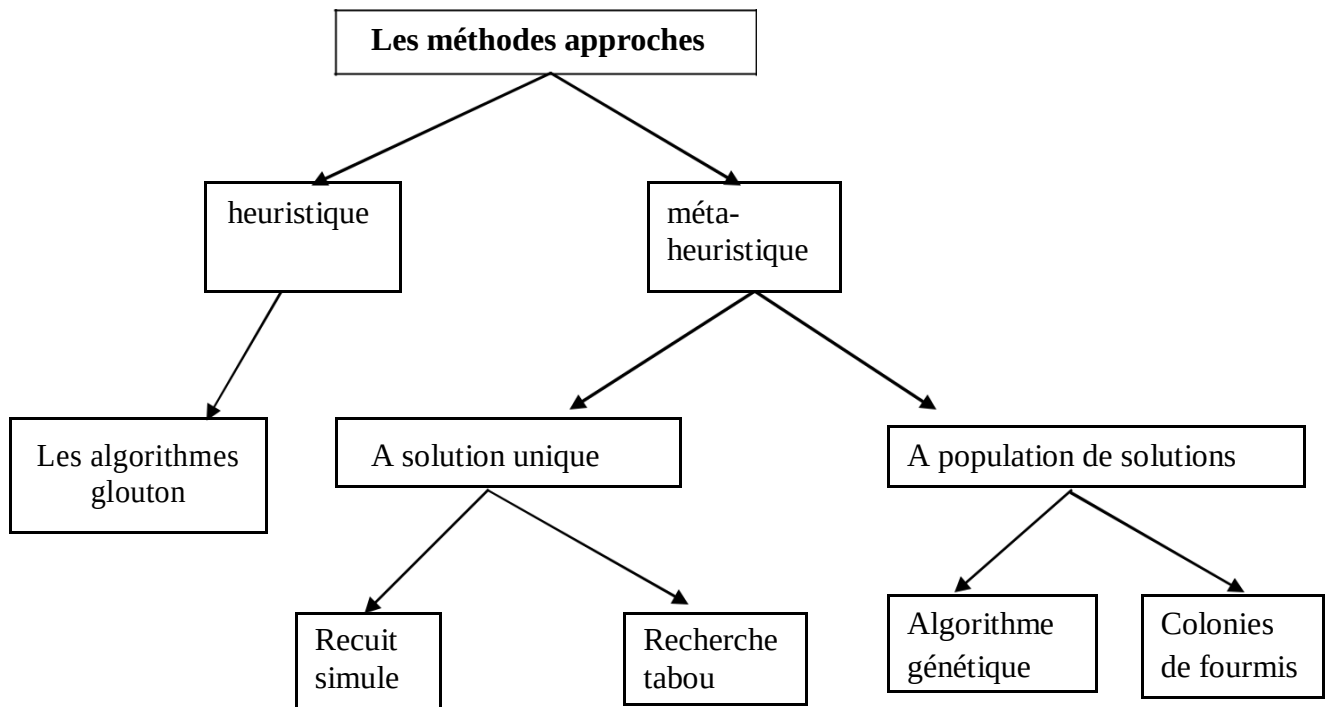


Figure 2.9 Classification des méthodes approchées

6.2.1 Heuristique :

Les heuristiques sont des méthodes empiriques basées sur des règles simplifiées qui permet d'identifier en temps polynomial au moins une solution réalisable rapide, pas obligatoirement optimale. On distingue [21]

- **FIFO** (First In First Out) : la première tâche qui vient est la première tâche ordonnancée.
- **SPT** (Shortest Processing Time) : la tâche ayant le temps opératoire le plus court est traitée en premier lieu.
- **LPT** (Longest Processing Time) : la tâche ayant le temps opératoire le plus important est ordonnancée en premier lieu.

- **EDD** (Earliest Due Date) : la tâche ayant le date due la plus petite est la plus prioritaire.
- **SRPT** (Shortest Remaining Processing Time) : cette règle, servant à lancer la tâche ayant la plus courte durée de travail restant à exécuter, est très utilisée pour minimiser les encours et dans le cas des problèmes d'ordonnancement préemptifs.
- **ST** (Slack Time) : à chaque point de décision, l'opération ayant la plus petite marge temporelle est prioritaire. Faute de disponibilité des ressources de production, cette marge peut devenir négative.

Les algorithmes glouton : Les algorithmes gloutons (*greedy algorithms*) sont parmi les schémas heuristiques les plus simples et les plus rapides. Ils construisent une solution de manière itérative sans jamais remettre en cause les décisions prises dans l'itération antérieure. Dans les cas où l'algorithme ne fournit pas systématiquement la solution optimale, il est appelé une heuristique gloutonne.[13]

6.2.2 Les méta-heuristiques

Ces méthodes sont venues après un développement majeur des heuristiques. l'objectif de cette méthodes est examine autant que possible les espaces de recherche et la tendance à zones qui paraissent prometteuses mais sans glisse à optimum local.

Un grand nombre de méta-heuristiques existent, nous présentons quelques-unes dans la suite de ce chapitre, nous les avons classés par type : celles a solution unique et celles a population de solutions.

6.2.2.1 Les méta-heuristiques à base de solution unique

Les méta-heuristiques à base de solution unique dépend du principe de recherche de voisinage. Elles commencent par une solution initiale aléatoire, puis améliorons cette solution par cherchant solutions meilleure et voisinage candidat dans l'espace de recherche.

Nous présenterons ici les méthodes les plus utilisées et leur utilisation en extraction de connaissances :

algorithme recuit simule : Le recuit simulé est une méta heuristique inspirée d'un processus utilisé en métallurgie. Ce Processus alterne des cycles de refroidissement lent et de réchauffage (recuit) qui tendent à Minimiser l'énergie du matériau. Elle est aujourd'hui

utilisée en optimisation pour trouver les extrémaux d'une fonction. Elle a été mise au point par trois chercheurs de la société IBM, S.Kirkpatrick, C.D.Gelatt et M.P.Vecchi en 1983 et indépendamment par V.Cerny en 1985. Le recuit simulé s'appuie sur l'algorithme de Métropolies, qui permet de décrire le comportement d'un système en équilibre thermodynamique à une certaine température T , partant d'une configuration donnée (solution initiale). Par analogie avec le processus physique, la fonction objective à minimiser deviendra l'énergie E du système.[22]

Tabou de recherche : utilise un historique de manière à interdire à l'algorithme de revenir sur ses pas. Cet historique se traduit par la présence d'une liste dite tabou qui garde une trace des dernières solutions visitées. Ainsi l'algorithme ne pourra plus explorer ces solutions (du moins à court terme, tout dépend de la taille de la liste tabou). L'algorithme fonctionne comme suit. Initialement la liste tabou est vide et on génère une solution S à l'aide d'une heuristique quelconque ; S devient la solution courante. A chaque itération, on choisit le meilleur voisin S' de S qui n'est pas déjà dans la liste tabou, S' devient la solution courante S et est ajoutée à la liste tabou. Si la taille de la liste tabou dépasse la taille maximale autorisée, on supprime de cette liste l'élément le plus ancien (stratégie *FIFO -First In First Out*)[14]

6.2.2.2 A population de solutions

Les méta-heuristiques à base de population de solutions débutent la recherche avec une panoplie de solutions. Elles s'appliquent sur un ensemble de solutions afin d'en extraire la meilleure (l'optimum global) qui représentera la solution du problème traité. L'idée d'utiliser un ensemble de solutions au lieu d'une seule solution renforce la diversité de la recherche et augmente la possibilité d'émergence de solutions de bonne qualité.[16]

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]

Algorithme de colonies de fourmis : Cette méta-heuristique s'inspire des comportements collectifs des fourmis à la recherche de nourriture. Ces insectes utilisent des phéromones afin

de marquer les informations qu'ils ont recueillies sur leur environnement. Elle est relativement récente.[23]

Le principe de l'algorithme de colonies de fourmis est [24]:

-P1) la première fourmi trouve la source de nourriture (F), via un chemin quelconque(a), puis revient au nid (N) en laissant derrière elle une piste de phéromone (b).

-P2) les fourmis empruntent indifféremment les quatre chemins possibles, mais le renforcement de la piste rend plus attractif le chemin le plus court.

-P3) les fourmis empruntent le chemin le plus court, les portions longues des autres chemins perdent leur piste de phéromones.

7 Intervention humaine

Il est fréquemment reconnu que la résolution d'un problème d'ordonnancement est fortement dépendante de l'atelier auquel l'ordonnancement s'applique. Cet aspect explique l'échec relatif de toutes les solutions d'amélioration automatique qui ne permet pas de s'adapter aux spécificités de chaque entreprise. ont notamment constaté que globalement, les choix de l'opérateur humain donnent de meilleurs résultats que les choix de l'ordinateur. La recherche s'est donc tournée vers des solutions permettant d'intégrer la participation de l'utilisateur du logiciel d'ordonnancement, afin que celui-ci puisse guider la résolution en fonction de ses besoins particuliers . On distingue en général deux approches de l'intervention humaine dans l'ordonnancement : la coopération et l'interaction. [25]

7.1 L'ordonnancement coopératif

est défini comme la mise au point conjointe de l'ordonnancement par le logiciel et par le gestionnaire d'atelier (Figure 2.10) [25].

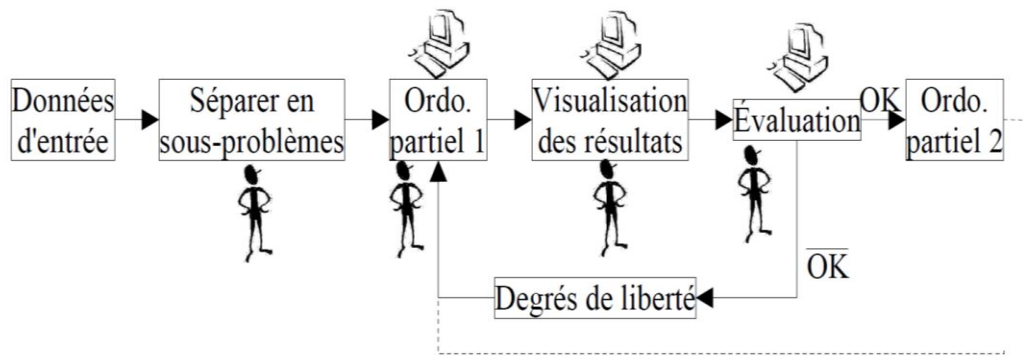


Figure 2.10 Une approche coopérative de l'ordonnancement [25].

La coopération présentée Figure 2.11 présente plusieurs conditions :

- une interface homme-machine très développée et très interactive pour que l'utilisateur participe facilement à l'élaboration de l'ordonnancement.
- une évaluation des résultats qui permet à l'utilisateur du logiciel d'avoir un ordonnancement correspondant réellement à ses besoins.
- une forte participation de l'utilisateur dans l'obtention de l'ordonnancement, ce qui permet à l'utilisateur obtenir des résultats appropriés .

Néanmoins, la forte participation de l'utilisateur dans le processus d'obtention d'un ordonnancement nécessite aussi que celui-ci connaisse parfaitement le processus de résolution du logiciel afin de pouvoir participer activement. L'opérateur humain doit aussi être capable de séparer le problème d'ordonnancement en sous-problèmes pour réaliser des ordonnancements partiels.

7.2 L'ordonnancement interactif

se définit comme une alternance de décisions de l'opérateur et du logiciel. [26] propose les étapes présentées Figure 2.11.

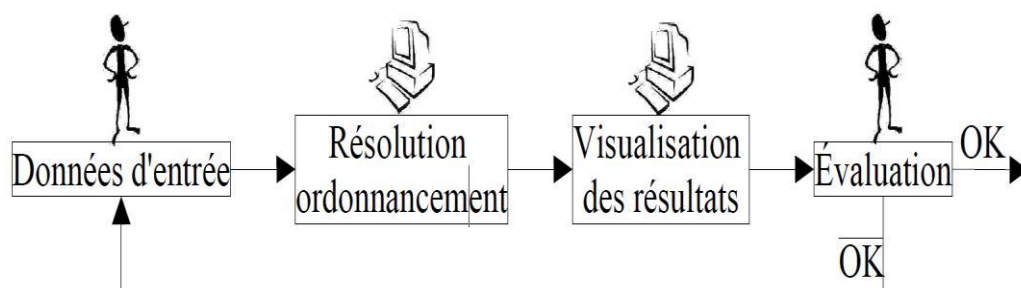


Figure 2.11 Une approche interactive de l'ordonnancement. [26]

L'approche de l'ordonnancement interactif présentée Figure 2.11 fait ressortir l'alternance des décisions humaines au niveau :des données d'entrée de l'ordonnancement .

- l'évaluation des résultats.

et des décisions du logiciel au niveau :

- de la résolution du problème d'ordonnancement .
- l'affichage des résultats (la visualisation des résultats).

8 Ordonnancement et coopération dans la chaîne logistique

La chaîne logistique implique plusieurs entreprises ou partenaires qui doivent faire des activités pour réaliser un produit ou un service. Ces partenaires doivent collaborer, coopérer, travailler ensemble pour fournir le meilleur résultat. La coopération au sein de la chaîne logistique améliore et optimise la qualité de la chaîne dans le but de maximiser le profit de l'ensemble de la chaîne.

Dans notre mémoire, le but recherché est d'améliorer les performances d'une chaîne logistique par le biais de la coopération des ordonnancements au niveau opérationnel. L'importance de l'optimisation à ce niveau de la chaîne a été pointée par (Thomas and Griffin, 1996). Dans la littérature, les problèmes d'ordonnancement dans la chaîne logistique commencent à intéresser la communauté scientifique. Cet intérêt est motivé par les besoins de coopération des efforts à ce niveau.[2]

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les problèmes d'ordonnancement, on a mentionné les différentes composantes et caractéristiques du problème d'ordonnancement au niveau opérationnel ,enfin on a terminé par expliquer brièvement la coopération et l'ordonnancement dans les chaînes logistiques Dans le chapitre suivant, nous présentons le Problème étudié et l'approche de résolution adoptée.

Chapitre 3 : Problème et méthode retenue

Introduction

Dans ce chapitre, nous étudierons les problèmes de coordination au niveau opérationnel, entre différents partenaires de la chaîne logistique pour satisfaire des commandes de clients. Cette coordination est mise en œuvre via un processus de négociation, et nous donnerons aussi une présentation sur le principe de l'algorithme génétique et plus particulièrement le NSGA2.

1 Définition du problème

Nous assumons une chaîne logistique composée de plusieurs entreprises indépendantes. L'indépendance des partenaires signifie le sens de l'existence des centres de décisions indépendants. En effet, rares sont les réseaux ou les chaînes logistiques dont toutes les composantes appartiennent à la même entité juridique. Nous distinguons trois composantes principales du système global de chaîne logistique étudié : les fournisseurs externes (n'appartenant pas à la chaîne), la chaîne logistique, et un ensemble de clients externes (n'appartenant pas à la chaîne). La figure 3.1 illustre son schéma général.

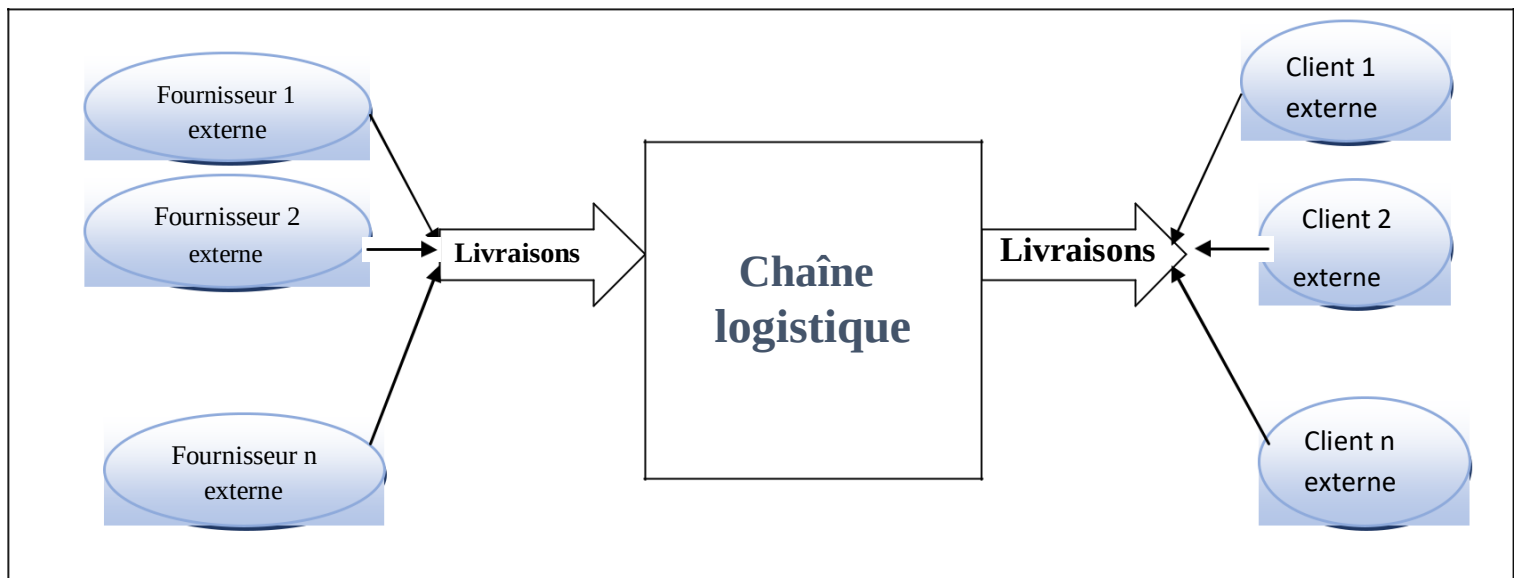


Figure 3.1 Schéma général de la chaîne logistique.

La chaîne logistique au centre de ce système est elle même composée de plusieurs nœuds élémentaires juridiquement indépendants. Il peut y avoir des liens entre n'importe quel couple de nœuds, Comme le montre la figure 3.2.

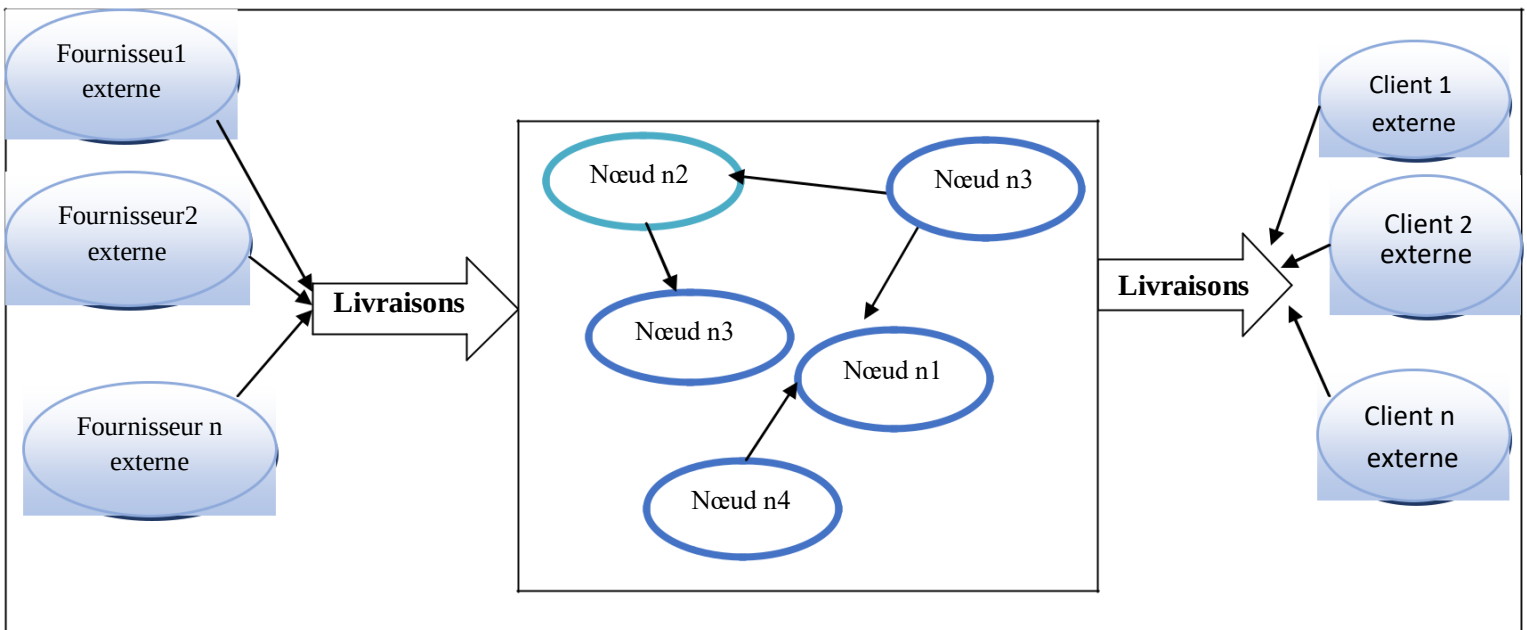


Figure 3.2 les éléments de la chaîne logistique.

Chacun des nœuds élémentaires est un système de production capable de fabriquer des produits semi-finis, ou des produits finis. Il peut avoir des liens avec des fournisseurs externes, comme il peut être approvisionné en composants ou sous produits par d'autres nœuds de la chaîne logistique.

Les centres de décisions des centres de production dans le système global de production s'appuient sur une approche décentralisée, chacun d'eux construisant à son plan produit . ce qui conduit à un ordonnancement global complètement déséquilibré. parfois, nous pouvons avoir des quantités en surplus de certains composants et un manque dans d'autres types de composants (niveau de stocks élevé, des retards de livraisons ...).

Il faut donc synchroniser des activités au sein du système global de production, Nous choisissons donc un système de décision distribué semi-décentralisé dans lequel les partenaires se partagent une mémoire commune et se mettent d'accord sur un ensemble de règles de

fonctionnement (aux niveaux tactiques et opérationnels) pour garantir la convergence du processus global de négociation.

Chaque commande émise par un client est convertie en un ou plusieurs jobs . Un job correspond donc à un produit, ou bien à des séries inséparables de produits, pour lesquels le détail des paramètres de l'ordonnancement sont connus :

les centres de production à visiter, la nomenclature du produit (les sous produits et composants nécessaires à sa fabrication, et les dates de disponibilités sur les premières machines de l'atelier dans lequel ils vont être traités).

Nous supposons que les dates de livraisons ont été promises aux clients externes , et que les dates de disponibilités ont été négociées avec les fournisseurs externes . A l'intérieur, Au centre de la décision du centre d'assemblage, nous ferons une comparaison entre les dates de livraison des sous produits qui vient des centres de production précédents et la plus grande valeur sera prise parce qu' ils ne peuvent pas commencer à travailler, sauf en présence de tous les sous produits.(voir la Figure 3.3)

$$R3 = \text{Max}(C1, C2).$$

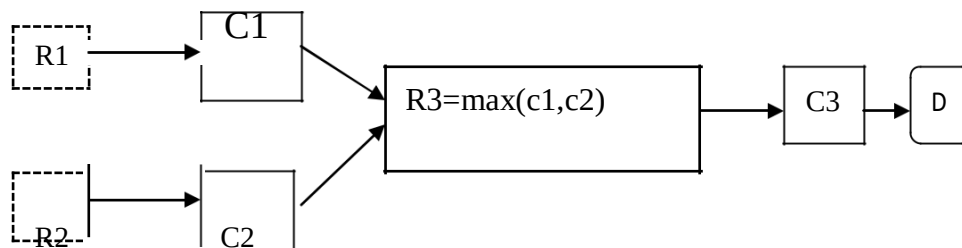


Figure 3.3 Le schéma global du processus de négociation

2 Le problème d'ordonnancement dans les centres de productions

A l'intérieur de chaque centre de décisions on a donc un problème d'ordonnancement avec comme fonction objective de minimiser la somme des retards et le temps total d'exécution (makespan).

On considère que les centres de production sont organisés en atelier de type M machines en parallèle, et que les dates de disponibilité (release dates) sont associées aux premières opérations de chaque job ,et que les dates de livraison (due dates) sont associées à la dernière opération de chaque job .En utilisant la notation classique en ordonnancement .

Notation :

Pour ce problème nous adoptons les notations suivantes tout. Pour le problème général :

M: nombre de machines.

mj:indice de la machine j.

N: nombre de jobs.

P_{i, j}: temps d'exécution de l'opération i du job sur la machine j.

r_i: date de disponibilité (release date).

d_i : date de livraison souhaitée (due date).

Fonction objective est minimiser la somme des retards par rapports aux dates de disponibilités des composants, et de livraison des produits finis.

- $\sum (C_{max} - r_i - d_i)$

3 Les Algorithmes Génétiques

Les algorithmes génétiques (AGs) sont des algorithmes d'optimisation stochastique fondés sur les mécanismes de la sélection naturelle et de la génétique[27]. Holland a développé les principes fondamentaux des algorithmes génétiques pour les problèmes d'optimisation mathématique. On peut dire que l'algorithme génétique est une méthode de programmation qui repose sur le principe de l'évolution pour effectuer la recherche d'une solution adéquate à un problème. [28]

L'idée

Leur but est d'obtenir une solution approchée à un problème d'optimisation et Leur fonctionnement est extrêmement simple. On part avec une population de solutions potentielles (*chromosomes*) initiales choisies aléatoires. On évalue leur performance (*fitness*) relative. A partir de ces performance on crée une nouvelle population de solutions potentielles en utilisant des opérateurs évolutionnaires simples : la sélection, le croisement et la mutation. On recommence ce cycle jusqu'à ce que l'on trouve une solution satisfaisante.

3.1 Présentation des algorithmes génétiques

Selon Lerman et Ngouenet un algorithme génétique est défini par :

- Individu/chromosome/séquence : une solution potentielle du problème .
- Population : un ensemble de chromosomes ou de points de l'espace de recherche .
- Environnement : l'espace de recherche .
- Fonction de fitness : la fonction - positive - que nous cherchons à maximiser.

Les algorithmes génétiques sont alors basés sur les phases suivantes :

- Initialisation : Une population initiale de N chromosomes est tirée arbitrairement.
- Évaluation. : Chaque chromosome est décodé, puis évalué.
- Sélection. Création d'une nouvelle population de N chromosomes par l'utilisation d'une méthode de sélection appropriée.
- Reproduction : Possibilité de croisement et mutation au sein de la nouvelle population.
- Retour à la phase d'évaluation jusqu'à l'arrêt de l'algorithme.

Ce processus est illustré dans l'organigramme suivant (Figure 3.4) :

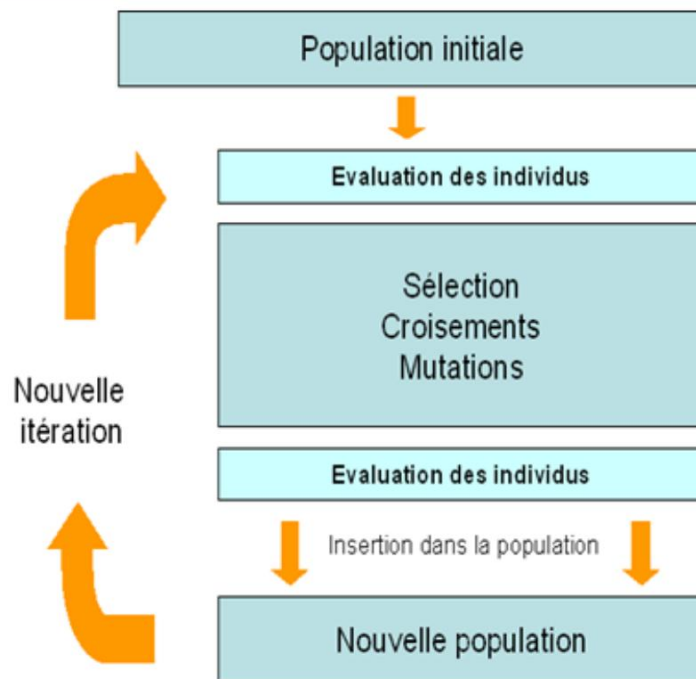


Figure 3.4 Fonctionnement de l'algorithme génétique

3.2 Les étapes de l'algorithme génétique

3.2.1 Codage et population initiale

Codage des algorithmes génétiques c'est la façon avec laquelle on représente un chromosome. Il existe deux principaux type de codage : binaire, réel.

3.2.1.1 Codage binaire

Les premiers algorithmes génétiques ont utilisé le codage binaire. Un chromosome est représenté par une chaîne binaire (chaîne de bits) précisant l'information nécessaire à la description d'un individu [29].(Figure 3.5).

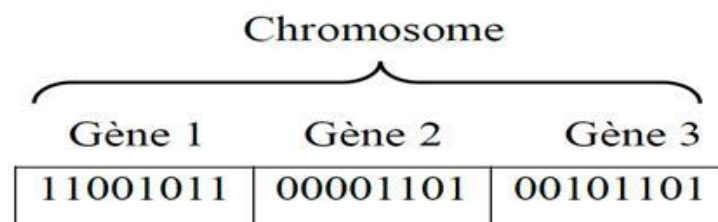


Figure 3.5 Exemple de codage binaire de trois variables[30]

3.3.1.2 Codage réel

Il est simple, chaque chromosome est composé par les paramètres du processus d'optimisation qui forment un vecteur. Par exemple, si on recherche l'optimum d'une fonction de n variables $f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)$, on peut utiliser tout simplement un chromosome contenant les n variables. (Figure 3.6).

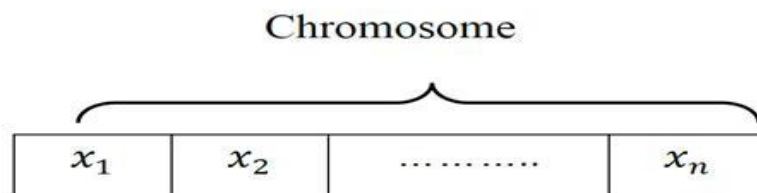


Figure 3.6 Exemple d'un codage réel[30]

3.2.2 Evaluation (Fitness)

Une fonction d'évaluation est utilisée pour évaluer la capacité et mesurer les performances de chaque individu à survivre. La force de chaque chromosome de la population est calculée afin que les plus forts soient retenus dans la phase de sélection, puis modifiées dans la phase de croisement et mutation. Trois opérateurs primaires feront évoluer la population.

- La sélection.
- Le croisement.
- La mutation.

3.3 Opérateurs des algorithmes génétiques

3.3.1 Opérateur de sélection

Une opération de sélection est nécessaire pour pouvoir d'identifier les meilleurs individus d'une population qui garantissent l'amélioration de la qualité des solutions. L'opération de sélection se base essentiellement sur l'évaluation des solutions qui consiste à donner une valeur à un chromosome en fonction de sa qualité. Parmi les techniques de sélection, on cite les sélections par la roulette, par le tournoi et par le classement.

- La sélection par la roulette (RWS : Roulette Wheel Selection)

Selon cette méthode, chaque chromosome sera dupliquée dans une nouvelle population proportionnellement à sa valeur d'adaptation. On effectue, en quelque sorte, autant de tirages avec remise qu'il y a d'éléments dans la population.[27]. La probabilité de sélection d'un individu, notée, définie par la relation :

$$p(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{k=1}^N f(x_k)}$$

N étant la taille de la population et l'évaluation ou fitness de l'individu Le tableau 3.1 présente un exemple de cinq individus avec leurs valeurs d'évaluation respectives et leurs probabilités de sélection. La figure 3.7 illustre la roue associée à cet exemple.

Individu	Fitness	Probabilité de sélection
x_1	10	0.5
x_2	5	0.25
x_3	2	0.1
x_4	2	0.1
x_5	1	0.05

Tableau 3.1 Exemple de sélection à la roulette[16]

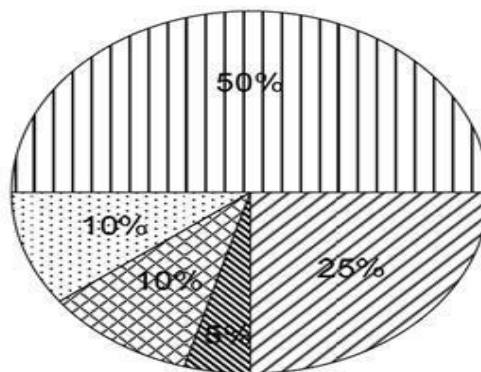


Figure 3.7. La roulette de sélection[16]

- Le tournoi binaire

le principe est de tirer deux individus de la population arbitrairement, choisir les meilleurs individus (celui dont la fonction objectif est minimale dans le cas d'une minimisation). Répétez le processus une seconde fois. Les deux individus sélectionnés sont donnés comme parents au processus de croisement.

- La sélection par classement

le principe de cette technique de sélection et de trier les individus de la population en fonction de leurs valeurs d'évaluation. Ainsi seuls les individus les plus forts sont choisis.

3.3.2 L'opérateur de croisement

le croisement permet de créer de nouvelles séquences de gènes pour les chromosomes enfants à partir d'une base de configurations des séquences héritées des chromosomes parents. Cette opération se produit selon une probabilité P_c fixée par l'utilisateur selon le problème à optimiser[16]. Le taux de croisement est défini en général entre 0.5 et 0.9, un taux excessivement élevé peut engendrer la perte de bonnes structures, mais aussi un taux faible provoque la stagnation puisque l'exploration est diminuée.[30]

Parmi les méthodes de croisement les plus utilisées on peut souligner trois opérateurs le croisement à un point, le croisement multipoints et le croisement uniforme.

- Croisement à un point

Pour chaque couple de chromosomes, on choisit un point de croisement aléatoire et à partir duquel, on échange les ensembles d'allèles entre les deux parents comme indiqué dans la figure 3.8.

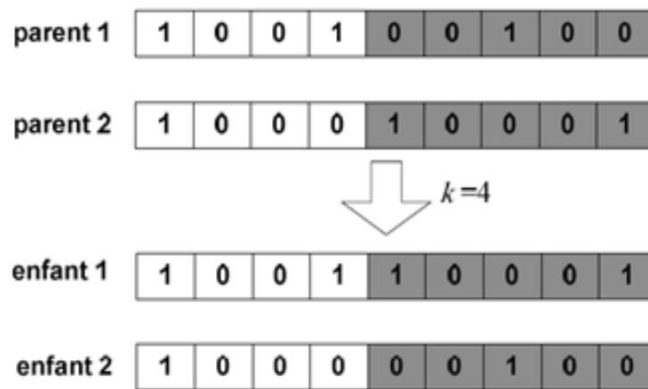


Figure 3.8 Exemple du croisement à un point[16]

- Croisement multi-points

Ce croisement est similaire au précédent sauf que plusieurs points de croisement y sont impliqués. La figure 3.9 illustre un cas du croisement multi-points qui est le croisement bi-points. Il consiste à choisir deux points de croisement $k1$ et $k2$ et à échanger les segments des deux parents.[16]

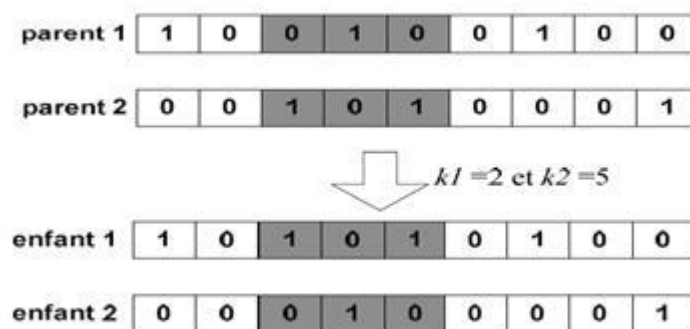


Figure 3.9 Exemple du croisement bi-points[16]

- Croisement uniforme

Parmi les approches les plus connues du croisement uniforme, on cite l'utilisation du vecteur masque, le masque étant une suite aléatoire de 0 et 1 de la taille du chromosome. Il sert à déterminer de quel parent sont repris les gènes. La figure 3.10 présente un exemple du croisement

uniforme utilisant le masque : en présence du 0, l'enfant hérite du parent 1 et en présence de l'enfant hérite du parent 2.[16]

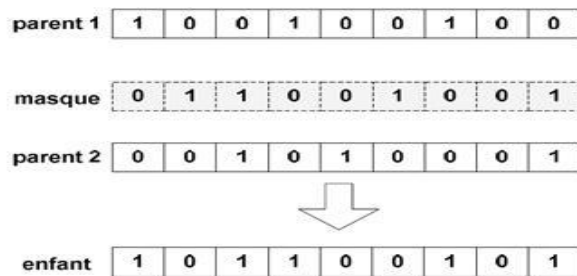


Figure 3.10 Exemple d'un croisement uniforme[16]

3.3.3 Opérateur de mutation

La mutation est un changement aléatoire, avec une faible probabilité P_m , la valeur d'un composant de l'individu.

- Mutation uni-point

Cette mutation consiste à transformer aléatoirement d'une seule valeur d'un chromosome. La figure 3.11 présente un exemple d'une mutation uni-point.

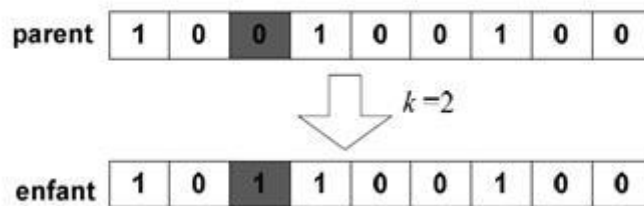


Figure 3.11 Exemple d'une mutation uni-point[16]

- Mutation multi-points

Elle consiste transformer aléatoirement de deux ou plusieurs valeurs d'un chromosome. La figure 3.12 donne un exemple d'une mutation bi-points.

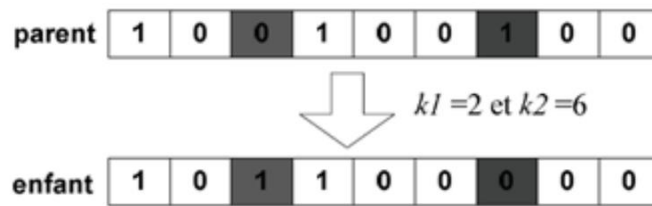


Figure 3.12 Exemple d'une mutation bi-points[16]

4 Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA)

L'algorithme NSGA proposé par Deb et Srinivas est semblable aux algorithmes génétiques. Aucun choix n'est imposé sur les opérateurs génétiques de mutation, croisement, sélection et insertion. La seule différence se trouve au niveau de l'implantation de l'opérateur d'assignation de la valeur d'adaptation des individus. [31]

on recherche les individus non dominés de la population entière. Ces derniers constituent la première frontière de Pareto. On attribue alors à tous les individus de ce front la même valeur de fitness factice. Mais pour maintenir la diversité de la population, il est nécessaire d'appliquer une fonction de partage sur cette valeur. Ces individus sont ensuite enlevés de la population.[7]

4.1 Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA II)

Est une deuxième version de NSGA avec de nouvelles techniques il s'agit d'un algorithme multi-objectif, largement utilisé dans de nombreuses applications du monde réel.

Dans cette méthode, la population est classifiée selon la dominance de Pareto, elle attribue à chaque individu un rang de non-dominance et une distance de crowding qui permet d'évaluer de la densité de la région autour de cet individu. Cette méthode est bien moins complexe que sa devancière.[30]

Dans cet algorithme, à chaque génération t une population de parents (P_t) de taille N et une population d'enfants (Q_t) de même taille sont assemblées pour former une population (R_t) de taille $2N$, comme indiqué sur la figure 3.13. Cet assemblage permet d'assurer l'élitisme. La population (R_t) est ensuite répartie en plusieurs fronts ($F_1, F_2, \dots$) par une procédure de tri, plus rapide que celle proposée dans la première version de NSGA. Une nouvelle population parent (P_{t+1}) est formée en ajoutant les fronts au complet (premier front F_1 , second front F_2 , etc...) tant que ce ceux-ci ne dépassent pas N . Si le nombre d'individus présents dans (P_{t+1}) est inférieur à N ,

une procédure de crowding est appliquée sur le premier front suivant F_i non inclus dans (P_{t+1}) . Le but de cet opérateur est d'insérer les $(N - P_{t+1})$ meilleurs individus de F_i qui manquent dans la population (P_{t+1}) . Une fois que les individus de la population (P_{t+1}) sont identifiés, une nouvelle population enfant (Q_{t+1}) est créée par sélection, croisement et mutation. La sélection par tournoi est utilisée mais le critère de sélection est maintenant basé sur l'opérateur de comparaison ($<n$) défini ci-dessous. Le processus se répète d'une génération à une autre jusqu'à satisfaction d'un critère d'arrêt.[32]

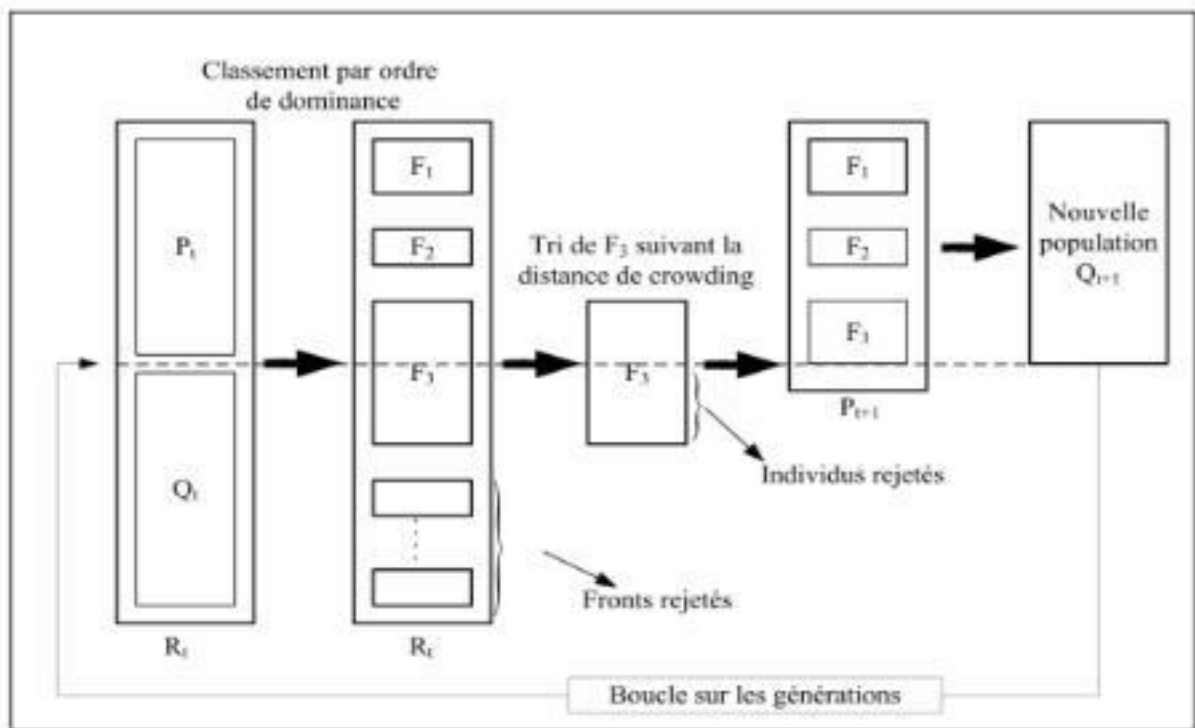


Figure 3.13 Représentation schématique de l'algorithme NSGA-II [32].

4.1.1 Une itération de NSGA-II

Après initialisation aléatoire de la population initiale P_0 , une itération de NSGA-II se déroule comme suit[7] :

1. Créer Q_t à partir de P_t en utilisant le tournoi et en appliquant des opérateurs de variation génétique aux individus gagnants.
2. Réunir les populations des parents et des enfants $R_t = P_t \cup Q_t$. Trier l'ensemble résultant R_t en sous-ensemble F_i .

3. Soit une nouvelle population $P_{t+1} = \emptyset$. Soit le compteur des sous-ensembles non dominés $i=1$.
4. Tant que $|P_{t+1}| + |F_i| < N$, $P_{t+1} \leftarrow P_{t+1} \cup F_i$ et $i \leftarrow (i+1)$.
5. Ordonner l'ensemble F_i selon les "distance de surpeuplement" (crowding distance) et inclure $N - |P_{t+1}|$ solutions ayant les valeurs de distance les plus grandes dans la population P_{t+1} .

4.1.2 Distance de crowding

on calcule une distance de crowding égale à la différence normalisée des valeurs des fonctions objectifs de deux solutions adjacentes. Ce calcul est réalisé pour chaque objectif. La distance de crowding d'une solution est obtenue en sommant les distances correspondantes à chaque objectif.[32]

Conclusion

Nous avons présenté dans cette chapitre le problème principal étudié dans ce mémoire ,ensuite nous avons donnée quelques généralités, sur les algorithmes génétiques et le principe de NSGA2.

Chapitre 4 : Implémentation de problème

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons passer à la conception et l'implémentation de notre problème. Nous présentons en premier lieu le langage et l'environnement de développement que nous avons utilisé, dans un second temps, nous présentons notre application, enfin la dernière partie nous avons donnée quelques exemples de l'implémentation.

1 Langage et environnement de développement

dans notre modèle nous avons utilisé langage JAVA car cela nous permet de créer des applications complètes. Il peut également servir à créer un petit module d'application. L'environnement de développement utilisé est NETBEANS.

1.1 Langage de programmation Java

Java est un langage de programmation à usage général, évolué et orienté objet dont la syntaxe est proche du C++. Il a été mis au point en 1991 par la firme Sun Microsystems. Il s'agissait de concevoir un langage bien adapté aux environnements de travail en réseau et capable de gérer des informations de nature variées (données numériques, informations sonores et graphiques). Java est devenue aujourd'hui une direction incontournable dans le monde de la programmation[33]

1.2 Environnement de développement

NetBeans est un IDE (Environnement de Développement Intégré) développé par Oracle en 1996. L'intérêt d'un IDE est d'améliorer considérablement l'efficacité du développeur et d'augmenter la productivité, et ce par différents moyens. Tout d'abord, un IDE est composé d'un éditeur de texte destiné uniquement à la programmation. Il comporte aussi un débogueur en ligne, qui permet au développeur d'exécuter son programme ligne à ligne afin de localiser le bug. Dans un environnement de développement intégré, les différents outils fournis au développeur sont prévus pour être utilisés ensemble. Dans un IDE, un outil de création graphique est aussi présent.

Il va permettre au développeur de créer une interface graphique simplement en positionnant des boutons et des champs sur une page.

2 Description de l'application

Notre application se compose de trois centres , chaque centre contient 4 machines et 7 jobs ,et chaque jobs avec sa propre temps opératoire et date de disponibilité .



Ordonnancement Coopératif Pour Les Chaines Logistiques
Implémentation du probleme

Figure 4.1 l'interface de démarrage .

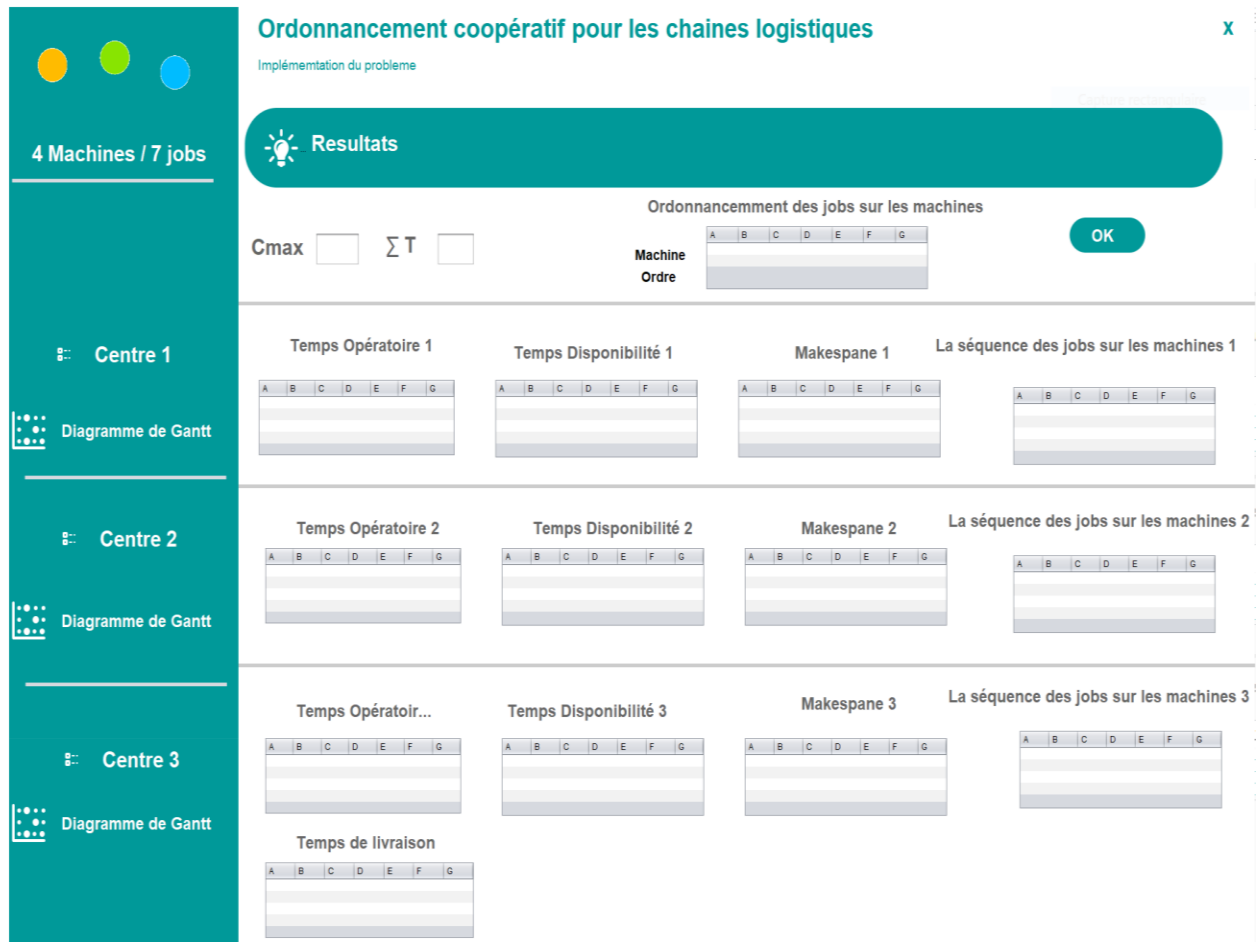


Figure 4.2 l'interface principale .

Cette interface se compose en deux parties la première permet de choisir le centre et d'afficher le diagramme de Gantt et la seconde consiste d'afficher les résultats obtenus à partir d'optimisation de problème.

3 Quelque exemple sur l'implémentation

Dans un problème de 4 machines et 7 jobs tels que les données sont:

3.1 Centre 1 :

Jobs	1	2	3	4	5	6	7
Temps d'opérateur (P)	6	10	8	5	7	6	3
Temps de disponibilité (R)	0	2	2	4	6	8	10

Tableau 4.1 La table des tâches (centre 1).

Avec notre implémentation nous avons trouvé plusieurs solutions optimales d'ordre de l'ordonnancement.

L'ordonnancement optimale des jobs sur les machines est :

Jobs	1	2	3	4	5	6	7
Indice de machine	4	1	3	2	4	2	1
Indice de position	1	1	1	1	2	2	2

Tableau 4.2 La table d'affectation de job sur la machine (centre1).

Si on a exécuter le centre 1 les matrices Pr1, R1,C1 donner les résultats suivants :

$$Pr1 = \begin{pmatrix} 10 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad R1 = \begin{pmatrix} 2 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C1 = \begin{pmatrix} 12 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Tels que :

- Pr1 c'est la matrice de temps opératoire des jobs .
- R1 c'est la matrice de date de début.
- C1 c'est la matrice de makespan.

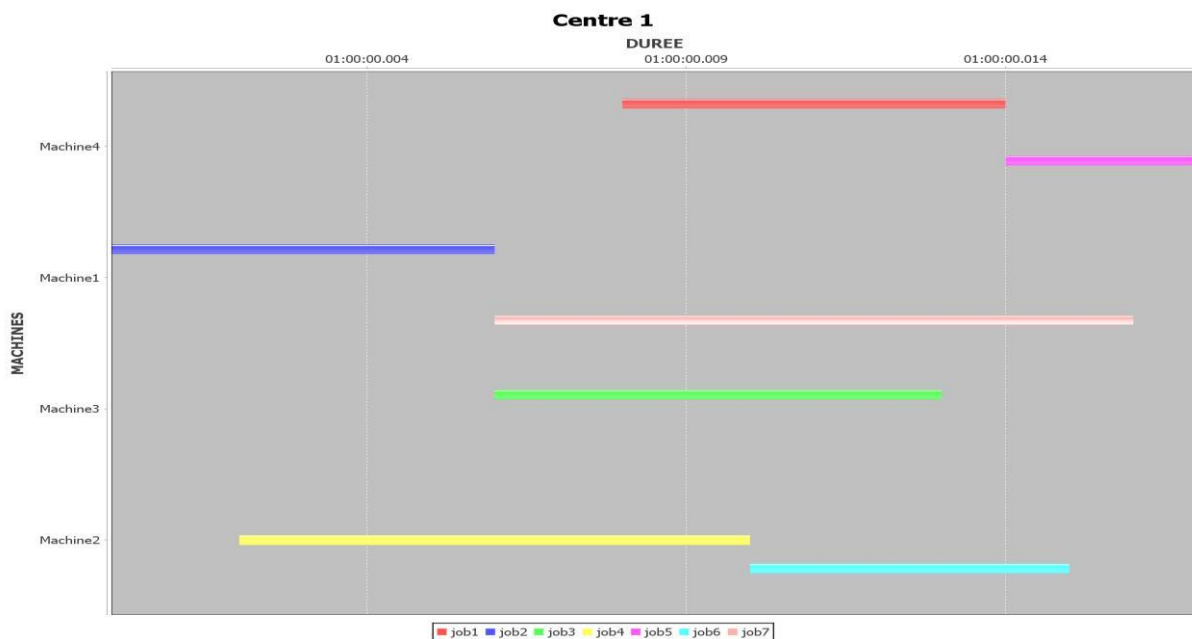


Figure 4.3 Diagramme de Gantt (centre 1).

3.2 Centre 2 :

Taches	1	2	3	4	5	6	7
Temps d'opérateur (P)	5	4	8	6	3	7	4
Temps de disponibilité (R)	0	3	2	6	4	8	10

Tableau 4.3 La table des tâches (centre 2).

Avec notre implémentation nous avons trouvé plusieurs solutions optimales d'ordre de l'ordonnancement.

L'ordonnancement optimale des jobs sur les machines est :

Taches	1	2	3	4	5	6	7
Indice de machine	4	2	4	4	1	3	1
Indice de position	1	1	2	3	1	1	2

Tableau 4.4 La table d'affectation de job sur la machine (centre 2).

Si on a exécuter le centre 2 les matrices Pr2, R2,C2 donner les résultats suivants :

$$Pr2 = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 8 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad R2 = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C2 = \begin{pmatrix} 7 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 13 & 19 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

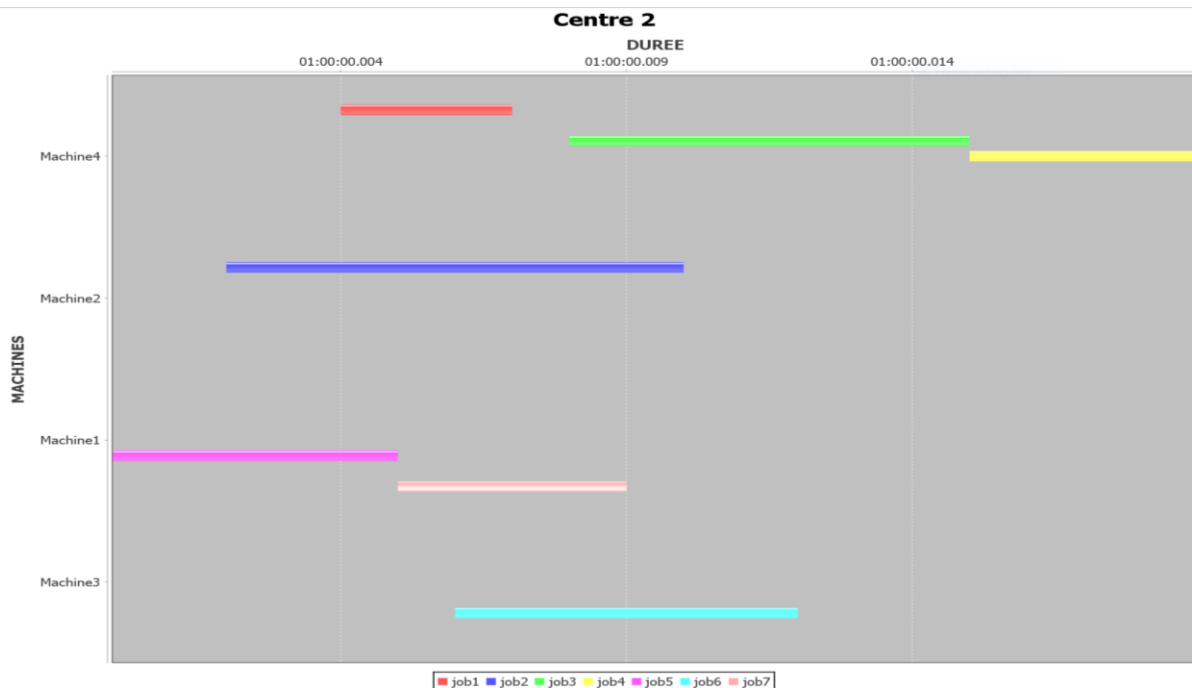


Figure 4.4 Diagramme de Gantt (centre 2).

3.3 Centre 3 :

Taches	1	2	3	4	5	6	7
Temps d'opérateur (P)	5	10	7	6	9	4	5
Temps de livraison (D)	20	22	26	30	24	28	26

Tableau 4.5 La table des tâches (centre 3).

Avec notre implémentation nous avons trouvé plusieurs solutions optimales d'ordre de l'ordonnancement.

L'ordonnancement optimale des jobs sur les machines est :

Taches	1	2	3	4	5	6	7
Indice de machine	1	2	4	3	1	4	4
Indice de position	1	1	3	1	2	1	2

Tableau 4.6 La table d'affectation de job sur la machine (centre 3).

Si on a exécuter le centre 3 les matrices Pr3, R3,C3,D,T donner les résultats suivants :

$$Pr3 = \begin{pmatrix} 5 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 5 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad R3 = \begin{pmatrix} 6 & 13 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 19 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 15 & 15 & 13 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C3 = \begin{pmatrix} 11 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 19 & 24 & 31 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} 20 & 24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 28 & 26 & 26 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Tels que :

- D c'est la matrice de date de fin des jobs .
- T c'est la matrice pour calculer la somme de retards.
- $R3 = \max(C1, C2)$.

Alors on a $C_{max} = 31$, $\Sigma T = 5$.

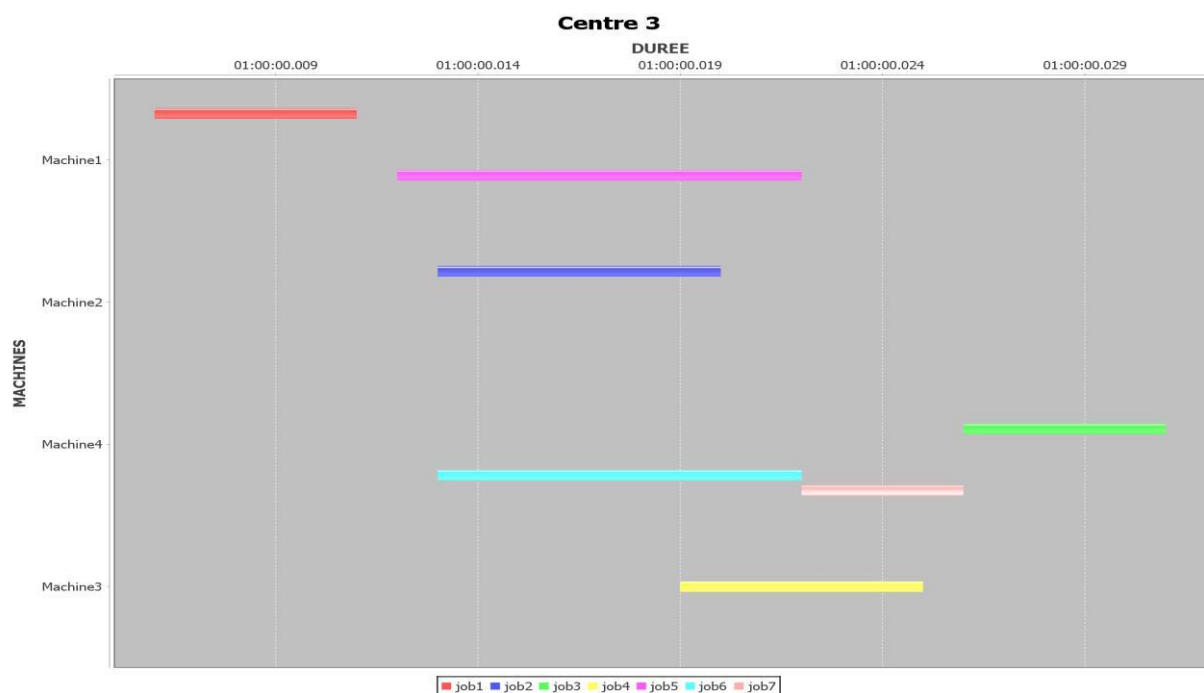


Figure 4.5 Diagramme de Gantt (centre 3).

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons parlé le langage et son outil que nous avons utilisé pour résoudre le problème , Ensuite nous avons décrit l'implémentation de l'application , Enfin nous détaillons quelques exemples.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons étudié un ensemble de problèmes d'ordonnancement pour les chaînes logistiques à un niveau opérationnel. Nous nous sommes intéressés au développement d'outils d'aide à la décision pour l'implémentation d'un système dans un environnement semi distribué (plusieurs partenaires indépendants, appartenant néanmoins à la même chaîne logistique avec l'intention de collaborer pour obtenir les meilleurs résultats).

Le problème traité dans ce travail est le problème d'ordonnancement dont l'objectif était de minimiser les retards par rapport aux dates de disponibilité des matières premières (relation fournisseur système de production), et aux dates de livraison des produits finis aux clients finaux (relation système de production-clients). Pour résoudre le problème, nous avons proposé une méthodologie de résolution du problème par l'optimisation multi objectif basée sur un algorithme génétique et nous avons utilisé NSGA II comme méthode de résolution ,pour développer notre application qui minimise le makespan et la somme des retards.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté tout d'abord une présentation générale sur la chaîne logistique. et tous les concepts qui y sont liés.

Dans le deuxième chapitre nous avons donné une généralité sur les problèmes d'ordonnancement. les définitions de l'ordonnancement et de ses éléments. puis nous avons défini «l'ordonnancement d'ateliers» et nous avons donné les concepts de base qui leur sont propres.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté le problème étudié ,et nous avons parlé des algorithmes génétiques (Une description plus détaillée de l'algorithme génétique) ,Ainsi le principe de l'algorithme NSGA II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) qui ont été appliquée avec succès à la résolution de notre problème.

Dans la quatrième et le dernier chapitre, nous avons vu langage et l'environnement de développement qui ont été utilisés pour résoudre le problème que nous avons abordé dans le troisième chapitre après avoir présenté notre application et nous avons pris des exemples pour voir comment son travail et leur résultat fournit.

Conclusion Générale

Comme perspectives, nous espérons d'ouvrira de nouvelles voies quant à l'étude et la recherche pour développer des algorithmes et des outils pour la mise en oeuvre de la coordination et la coopération au niveau opérationnel de la chaîne logistique ou bien entre partenaires.

Bibliographie

- [1] TIXIER, Daniel, MATHE, Hervé, et COLIN, Jacques. La logistique au service de l'entreprise. Paris : Dunod, 1983.
- [2] MOULOUA, Zerouk. Ordonnancements coopératifs pour les chaînes logistiques. 2007. Thèse de doctorat.
- [3] CHOPRA, Sunil, MEINDL, Peter, et KALRA, Dharam Vir. Supply chain management: strategy, planning, and operation. Boston, MA : Pearson, 2013.
- [4] GOVIL, Manish et PROTH, Jean-Marie. Supply chain design and management: strategic and tactical perspectives. Elsevier, 2002.
- [5] KEARNEY, A. T. Management approach to supply chain integration. Rapport des membres de l'équipe de recherche AT Kearney, Chicago, 1994.
- [6] HNAIEN, Faicel. Gestion des stocks dans des chaînes logistiques face aux aléas des délais d'approvisionnements. 2008. Thèse de doctorat.
- [7] BOUNIF, Mohamed Elhadi. Optimisation à base de simulation pour le développement des systèmes décisionnels. 2015. Thèse de doctorat. Université de M'sila.
- [8] GALASSO, François. Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible. 2007. Thèse de doctorat.
- [9] CHRISTOPHER, Martin. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service Financial Times: Pitman Publishing. London, 1998 ISBN 0 273 63049 0 (hardback) 294+ 1× pp. 1999.
- [10] S. Lamia, Recherche opérationnelle, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen, P 52, 2016.
- [11] OUZIZI, Latifa. Planification de la production par co-décision et négociation de l'entreprise virtuelle. 2005. Thèse de doctorat. Université Paul Verlaine-Metz.
- [12] HUGOS, Michael H. Essentials of supply chain management. John Wiley & Sons, 2018.
- [13] KADDOUSSI, Aida. Optimisation des flux logistiques: vers une gestion avancée de la situation de crise. 2012. Thèse de doctorat. Ecole centrale de Lille.
- [14] TOUNSI, Jihène. Modélisation pour la simulation de la chaîne logistique globale dans un environnement de production PME mécatroniques. 2009. Thèse de doctorat.

- [15] PICHOT, Laure. Stratégie de déploiement d'outils de pilotage de chaînes logistiques: Apport de la classification. PhD in Computer Cooperative System for Enterprise at the National Institute of Applied Sciences, Lyon, 2006.
- [16] KARRAY, Asma. Contribution à l'ordonnancement d'ateliers agroalimentaires utilisant des méthodes d'optimisation hybrides. 2011. Thèse de doctorat.
- [17] CARLIER, Jacques, CHRÉTIENNE, Philippe, et GIRAULT, Claude. Problèmes d'ordonnancement: modélisation, complexité, algorithmes. Masson, 1988.
- [18] AGGOUNE, Riad. Ordonnancement d'ateliers sous contraintes de disponibilité des machines. 2002. Thèse de doctorat.
- [19] M . BOURZIK , Problèmes d'Ordonnancement d'Atelier , 2016.
- [20] LARIBI, Imane. Résolution de problèmes d'ordonnancement de type Flow-Shop de permutation en présence de contraintes de ressources non-renouvelables. 2018. Thèse de doctorat.
- [21] CHU, Chengbin et PROTH, Jean-Marie. L'ordonnancement et ses applications. Masson, 1996.
C.Chu, J .Proth, l 'ordonnancement et ses applications. Sciences de l'ingénieur, Edition Masson, Paris, 1993.
- [22] LABBI, Wafaa et BOUDHAR, Mourad. Métaheuristiques pour un probleme d'ordonnancement sous contraintes de préparation.
- [23] Mr SIDAOUI Boutkhil. Contribution à la résolution des problèmes de classification multi-classes par les techniques d'optimisation combinatoire. 2016-2017
- [24] Wikipédia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_de_colonies_de_fourmis, consulté le 28 Décembre 2018 .
- [25] LETOUZEY, Agnès. Ordonnancement interactif basé sur des indicateurs: Applications à la gestion de commandes incertaines et à l'affectation des opérateurs. 2001. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse.
- [26] FARHOODI, F. A knowledge-based approach to dynamic job-shop scheduling. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 1990, vol. 3, no 2, p. 84-95
- [27] VALLÉE, Thomas et YILDIZOĞLU, Murat. Présentation des algorithmes génétiques et de leurs applications en économie. *Revue d'économie politique*, 2004, p. 711-745.
- [28] C. Eyquem et A. Montaut. « Les Algorithmes Génétiques ». (2001)

[29] MEZIANE, M. E. A. Optimisation par phases pour les problèmes d'ordonnancement des ateliers de type job-shop totalement flexibles. *Mémoire de magister en des sciences, Université d'Oran, Algérie*, 2011.

[30] BENHAMA, Abdelouhab, BENKHELOUF, Yacine, GUENOUNOU, O., *et al. Etude comparative des algorithmes génétiques multi-objectifs*. 2015. Thèse de doctorat. Université abderrahmane mira béjaia.

[31] CÔTÉ, Pascal. Optimisation multi-objective des problèmes combinatoires: application à la génération des horaires d'examens finaux. 2004. Thèse de doctorat. École de technologie supérieure.

[32] Guenounou O., Méthodologie de conception de contrôleurs intelligents par l'approche génétique- application à un bioprocédé, Thèse de doctorat, L'Université de Toulouse, (2009).

[33] K. Abderrahimi hidayet, S. Benali Amar, Algorithme génétique parallèle applique à un problème d'optimisation combinatoire, Mémoire de master en RISR, université de Dr.Tahar Moulay Saida, PP 69-70 ,2017.

ملخص

سلسلة التوريد هي سلسلة من العمليات المتضمنة في انتاج وتوزيع السلع بهدف تحسين جودة الخدمة المقدمة للعملاء. أصبح تحسين سلسلة التوريد أحد التحديات الرئيسية للشركات. يتطلب هذا التحسين التنسيق بين مختلف الجهات الفاعلة والخدمات بين الشركات للحصول على زيادة في معدل رضا عملائها , مما يشجع على نمو انشطتها.

في هذي الرسالة , سوف نقدم الوسائل لتنسيق تخطيط سلسلة التوريد. تركز هذه الرسالة على التعاون بين شركاء سلسلة التوريد. بهدف تقليل الوقت الاجمالي ومجموع التأخير لزيادة الانتاجية إلى أقصى حد.

الكلمات المفتاحية سلسلة التوريد , الانتاج , الجدولة , التعاون .

Résumé

La chaîne logistique est une séries de processus impliqués dans la production et la distribution de bien pour l'objectif d'amélioration de la qualité de service rendu au clients .L'optimisation de la chaîne logistique est devenue un des enjeux majeurs des entreprises Cette optimisation exiger la coordination des différents acteurs et services entre les entreprises pour obtenir d'une augmentation du taux de satisfaction de ses clients, ce qui encourage la croissance de ses activités. Dans ce mémoire, nous présenterons des méthodes pour coordonner la planification de la chaîne logistique. Ces méthodes se concentrent sur la coopération entre les partenaires de la chaîne logistique. Notre objectif est toujours de minimiser le temps total d'exécution (makespan) et la somme des retards. Ces critères permettent de maximiser la productivité.

Mots clé: Chaîne logistique, Ordonnancement , Production, Coopération.

Abstract

The supply chain is a series of processes involved in the production and distribution of goods for the objective of improving the quality of service provided to customers. Optimizing the supply chain has become one of the major challenges for companies This optimization require the coordination of different actors and services between companies to obtain an increase in the satisfaction rate of its customers, which encourages the growth of its activities .In this thesis, we will present methods for coordinating supply chain planning. These methods focus on cooperation between supply chain partners. Our goal is always to minimize the total execution time (makespan) and the sum of the delays. These criteria maximize productivity.

Keywords: Supply chain, Scheduling, Production, Cooperation.