

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 Décisionnelle et Optimisation

Par : - RAHMAOUI Oumbarka

- KADRI Mouna

SUJET

Problème de Tournée du Véhicule avec Fenêtre de Temps (PTVFT)

Le jury composé de :

Mr :BOURAHLA Mustapha

Université de M'sila

Encadreur

Mr : BOUNIF Mohamed

Université de M'sila

Rapporteur

Mr :CHATRA Mohamed

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2021 /2022

Remerciement

Je remercie Dieu Tout-Puissant pour sa grâce et son aide, mes prières quand j'étais impuissant, et je le remercie d'avoir mobilisé des gens pour m'aider sans aucune pénurie. Sans elle, mon travail ne serait pas complet.

Je tiens à remercier ma mère avec mon frère Mohamed et ma sœur Zahra pour son encouragement, son soin et sa présence à côté de moi.

Nous remercions notre encadreur Dr.BOUNIF Mohamed El Hadi, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Je tiens à remercier mon mari Fayez pour ses encouragements, son intérêt et sa présence. à côté de moi et ma famille.

Je remercie surtout mon amie Adouane Nourelhouda

Je remercie surtout Brahim bouzayane et Moukhtar zagha

Tables de matières :

INTRODUCTION GENERALE.....	11
CHAPITRE 01 :	
Gestion de Production	
Introduction.....	13
1 La gestion de production.....	14
1.1 Définition.....	14
1.1.1 La production	14
1.1.2 Système de Production (SP).....	14
1.1.3 Gestion de la Production(GP).....	14
1.1.4 Rôle et importance de la gestion de la production.....	14
1.1.5 Les contraintes rencontrées sont de divers ordres.....	15
1.2 Les activités de la GP	16
1.2.1Gestion des données techniques.....	16
1.2.2Gestion des données commerciales.....	16
1.2.3 Gestion des matières.....	16
1.2.4 Gestion du travail	16

1.3 Modes d'organisation de la gestion des flux.....	17
1.3.1 flux poussés	17
1.2.3flux tirés	17
1.3.3Système de production	18
production prévue	18
1.4Décomposition du système de production.....	18
1.4.1 Le système physique de production	19
1.4.2 Le système de decision.....	19
1.4.3 Le système d'information.....	19
1.5 Fonction du pilotage de la production	20
2 les problèmes.....	20
2.1 L'Optimisation.....	20
2.1.1 Définition d'optimisation.....	20
2.1.2 Problème du sac-à-dos.....	21
2.1.3 Problème d'affectation.....	21
2.1Le transport	21
2.2Transport	21
2.3 L'ordonnancement	22
2.3.1 Définition de l'ordonnancement	22
2.3.2Objectifs de l'ordonnancement.....	22
2.4 Approvisionnement	23

2.4.1 Définition de approvisionnement	23
2.4.2 Les objectifs de l'approvisionnement.....	24
Conclusion	24

CHAPITRE 02 :

Optimisation

Introduction	26
1 L'optimisation	26
1.1 Définition de l'optimisation.....	26
1.2 Méthodes d'optimisation	26
1.2.1 Les méthodes de résolution.....	26
1.2.2 Les méthodes exactes.....	27
1.2.3 Méthodes approchées	27
2.2 La complexité.....	29
2.2.1 Définition la complexité	29
2.2.2 Les complexités d'un algorithme.....	29
2.2.3 Les classe des problèmes.....	29
2.2.3.1 Classe P.....	29
2.2.3.2 Classe NP.....	30
2.3 Le système de distribution.....	30
2.4 Le Transport	30

2.4.1 Problèmes de tournées des véhicules	30
2.4.2 Problème du voyageur de commerce	31
Conclusion	31

CHAPITRE 03 :

Le Problème de Tournées de Véhicules avec Fenêtre de Temps (VRPTW)

Introduction	33
1 Le problème de tournées de véhicules.....	33
1.1 Définition.....	33
1.2 Formulation du problème de tournées de véhicules VRP	33
2 Formulation de flux de véhicules à deux indices	35
2.1 Définition de la formulation de flux de véhicules à deux indices.....	35
3 État de l'art.....	36
3.1 Problème de tournées de véhicules et ses généralisations.....	36
3.2 Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)	37
3.3 Multi-Compartment Vehicle Routing Problem (MCVRP)	38
3.4 Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)	38
3.4.1 La formulation du VRPTW	38
3.5 Problème de tournée de véhicules with Backhauls (VRPB).....	39
3.6 problème de tournées de véhicules et ses généralisations	40

3.7	vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery (vrpspd)	40
3.8	Vehicle Routing Problem with Split Delivery (VRPSD ou SDVRP)	40
3.9	Vehicle Routing Problem with Multiple Trips (VRPMT)	40
3.10	Selective Vehicle Routing Problem (SVRP)	40
3.11	Open Vehicle Routing Problem (OVRP)	41
3.12	Multi-Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP)	41
3.13	Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP ou HVRP)	41
3.14	Periodic Vehicle Routing Problem (PVRP)	41
3.15	Inventory Routing Problem (IRP)	42
3.16	PTVS Problème de tournée des véhicules stochastique	42
3.17	Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP)	42
4	Principes de base des algorithmes génétiques	42
	Conclusion	44

CHAPITRE 04 :

Implémentation Et Résultats Expérimentaux

Introduction	46
1 Le but de travail	46
2 Description de l'approche proposée	46

3	Environnement de développement	46
3.1	Python	46
3.2	La Python Software Fondation.....	47
3.3	Les outils Python	48
4	Environnement matériel.....	48
4.1	Application console de VRPTW.....	49
5	Guide d'utilisation de l'application.....	49
6	Quelques tests sur l'implémentation.....	49
	Conclusion	53
	Conclusion générale	54
	Bibliographie.....	55

Liste de figures :

Figure 1.1 : Système de production.

Figure 1.2 : L'objectif de gestion de production.

Figure 1.3 : Les activités de gestion de production.

Figure 1.4 : Les compositions de système de production.

Figure 1.5 : Fonction d'ordonnancement d'usine.

Figure 2.1 Schéma méthode résolution

Figure 2.2 : Problème de tournés de véhicule.

Figure 3.1 : Le problème de tournés de Véhicule.

Figure 3.2 : Principe des algorithmes génétiques.

Figure 4.1: Logo Python.

Figure 4.2: Logo PyCharm.

Figure 4.3: 10_20_10.png

Figure 4.4 : 20_40_16.png

Figure 4.5 : 5_50_25.png

Figure 4.6 : Route Optimale.

Liste des abréviations:

DVRP :Dynamic Vehicle Routing Problem.

HFVRP: Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem.

IRP: Inventory Routing Problem.

MCVRP: Multi-Comportement Vehicle Routing Problem.

MDVRP: Multi-Depot Vehicle Routing Problem.

OVRP: Open Vehicle Routing Problem.

PTVS:Problème de tournée des véhicules stochastique.

PVRP: Periodic Vehicle Routing Problem.

SVRP: Selective Vehicle Routing Problem.

TSP: Traveling Salesman Problem.

VRP :Vehicle Routing Problem.

VRPB: Vehicle Routing Problem with Backhauls.

VRPCP: Vehicle Routing Problem Clustered Backhauls.

VRPMLB: Vehicle Routing Problem with Mixed Linehauls and Backhauls.

VRPMT: Vehicle Routing Problem with Multiple Trips.

VRPSDP: Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pickup.

VRPTW:Vehicle Routing Problem with Time Windows.

INTRODUCTION GENERAL

Les systèmes de production sont composés par un ensemble organisé de ressources humaines et matérielles, qui interagissent entre eux, pour produire des services ou des marchandises comme les usines.

Il y a des problématiques liées avec le système de production qui a des relations avec des entités extérieures (Fournisseurs, Détaillant, Client), ces problématiques sont : Approvisionnement, Ordonnancement, et le transport qui est la problématique laquelle nous avons mis en évidence pour ramener à ce problème une solution optimale parmi un ensemble fini de solutions.

Le domaine dans lequel se précise dans notre travail est l'optimisation combinatoire, il concerne l'élaboration de « problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps –**VRPTW**- ». Pour la résolution de ce problème on a choisi les algorithmes génétiques comme solution.

Le problème de tournées des véhicules consiste à acheminer la flotte pour la livraison liste de clients, ou plusieurs séries d'interventions ou de visites.

Ainsi, dessiner un circuit de véhicule est un problème très important, c'est-à-dire déterminer les routes de la flotte pour répondre aux besoins des clients et les problèmes liés à l'intégration entre ces activités; le problème de tournées de véhicules (PTV) fait l'objet de notre étude.

Le mémoire présenté est donc divisé en quatre chapitres. Le premier chapitre définit les concepts de gestion de production. Le deuxième chapitre présente l'optimisation avec ses méthodes, dans le troisième chapitre on parle sur le problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps, et à la fin, dans le quatrième chapitre, on a parlé de l'Implémentation et Résultats Expérimentaux.

Chapitre 01 : Gestion de Production

Introduction :

Dans ce chapitre on présente la définition de la production, et après on expose la définition et les décisions de la gestion de production, à la fin on va clôturer ce chapitre en démentant les problèmes des systèmes de production (l'optimisation, l'ordonnancement, l'approvisionnement, et le transport).

Un système de production est constitué d'un ensemble organisé de ressources Interactions et interventions pour produire des biens ou des services comme les usines. Comme tout système de la vie réelle, les systèmes de production sont finis. Ils ne peuvent jamais écouler une charge illimitée de travail. Ce qui les limite, ce sont les ressources présentes en quantité et/ou capacité limitées. On qualifie donc ces systèmes de « système de production à partage de ressources ». Ce système de production « L'usine » a des relations avec des unités extérieures, donc il y'a d'autres problématiques tels que le transport et l'approvisionnement en plus que la production illustrées par le formalisme ci-dessous :

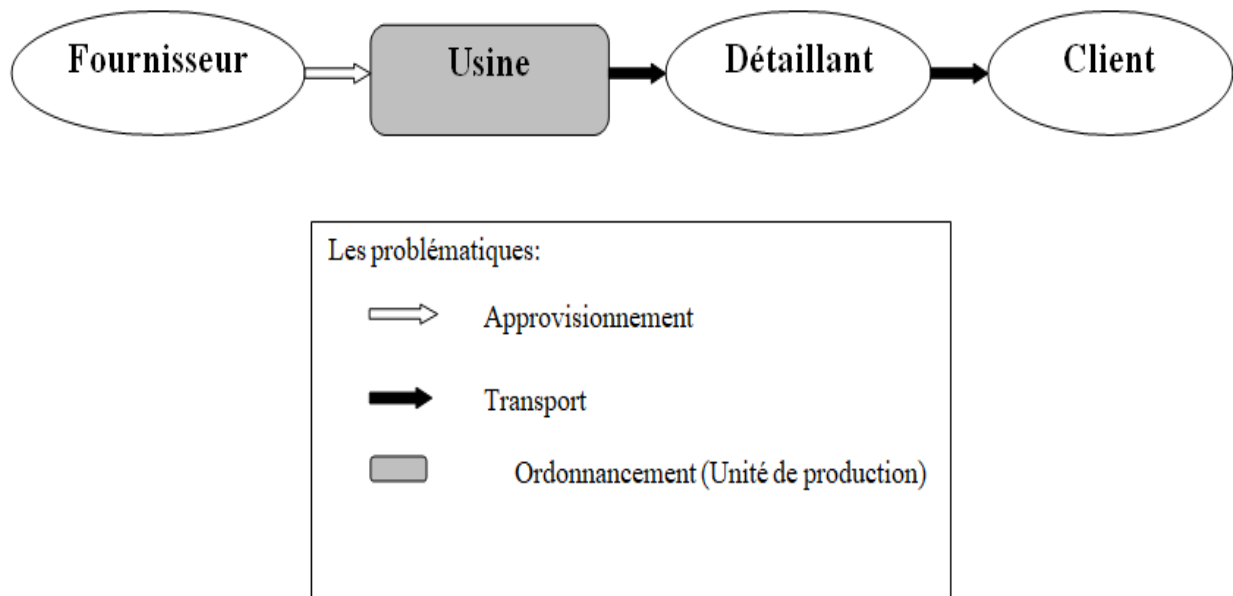


Figure 1.1: Système de production.

1 La gestion de production

1.1 Définition des concepts de la gestion de production :

1.1.1 La production :

La production est le processus de production de produits par l'utilisation et la transformation des ressources [1].

1.1.2 Système de Production (SP) :

Un Système de Production (SP) représente l'ensemble du processus et du mode de production qu'une entreprise met en œuvre pour transformer des matières premières ou des produits semi-finis en un produit fini prêt à commercialiser [2].

Les systèmes de production industrielle sont devenus très divers et complexes. En fait, ils peuvent être décomposés en plusieurs sous-systèmes, qui sont intégrés les uns aux autres pour assurer la pérennité et la compétitivité de l'entreprise [3].

1.1.3 Gestion de la Production(GP)

Assurer l'organisation du système de production afin que le produit soit fabriqué dans la quantité et le temps requis, en tenant compte des moyens disponibles (humains ou techniques) – La gestion de la production est « un ensemble de processus qui permettent la fabrication de produits sur la base d'un ensemble de données et de prévisions » [4].

la direction de la production comme « la fonction qui permet de réaliser les opérations de production dans le respect des conditions de qualité, de délai et de coût résultant des objectifs de l'entreprise.

1.1.4 Rôle et importance de la gestion de la production :

La gestion de la production est l'application de méthodes et de techniques pour compléter la transformation des matériaux en produits finis. Résumé comme une combinaison de ressources dans laquelle des moyens physiques (machines), des moyens humains (personnel qualifié) et des matériaux (matières premières, consommables) sont prévus pour garantir que les produits fabriqués sont de qualité et de quantité spécifiées.

Dans un environnement économique aussi concurrentiel que le nôtre, le risque financier est critique. Le prix de vente des produits est de plus en plus dépendant de la demande du marché et reste encore fortement influencé par la concurrence. Afin de rester compétitif, le plus important est de garantir une marge bénéficiaire appropriée sur la vente de ses produits, Le principal moyen des entreprises industrielles est de réduire les coûts de production. Le champ d'action de la direction de production de l'entreprise est large, couvrant de nombreuses activités et interpellant des professionnels issus de différents domaines de formation.[6]

1.1.5 Les contraintes de la gestion de la production :

- **Financières** (produire à un coût optimal), coût des matières et consommables, coût de stockage des encours et des produits semi ouvrés, coût de gestion des magasins, coût des heures de travail supplémentaires, coût des arrêts ...faisant partie intégrante du coût de revient, maîtriser ces derniers est aussi une garantie pour la commercialisation des produits finis.
- **Temporelles** (produire dans les délais, assurer une livraison juste à temps), éviter les ruptures de stocks, éviter le gonflage des stocks de produits finis. Car cela a une incidence directe sur la satisfaction de la clientèle (pertes de commandes) ou sur le coût de revient du produit finis dû au coûts supplémentaires du stockage.
- **Mécaniques** (maintenance préventives et gestion des temps d'arrêt), anticiper sur les pannes et prévoir des solutions alternatives en cas d'arrêt d'une machine.
- **Qualité** (produire avec le moins de défauts possible, le moins de déchets), un produit de bonne qualité participe à la fidélisation de la clientèle, véhicule l'image de marque de l'entreprise.
- **Planification** : assurer une circulation continue des flux, détecter et supprimer les goulets d'étranglement dans le circuit de production. Il s'agit aussi à ce niveau de définir un plan de production, de définir les gammes opératoires, d'ordonnancer les opérations, et enfin de gérer la répartition des tâches durant tout le processus de fabrication

Donc La gestion de production s'occupe d'un ensemble de problèmes liés à la production tels que la gestion des données, la planification, le contrôle de la production, la gestion des stocks, la prévision, l'ordonnancement etc.[3]

La figure suivante représente un schéma global montrant le rôle de gestion de la production.

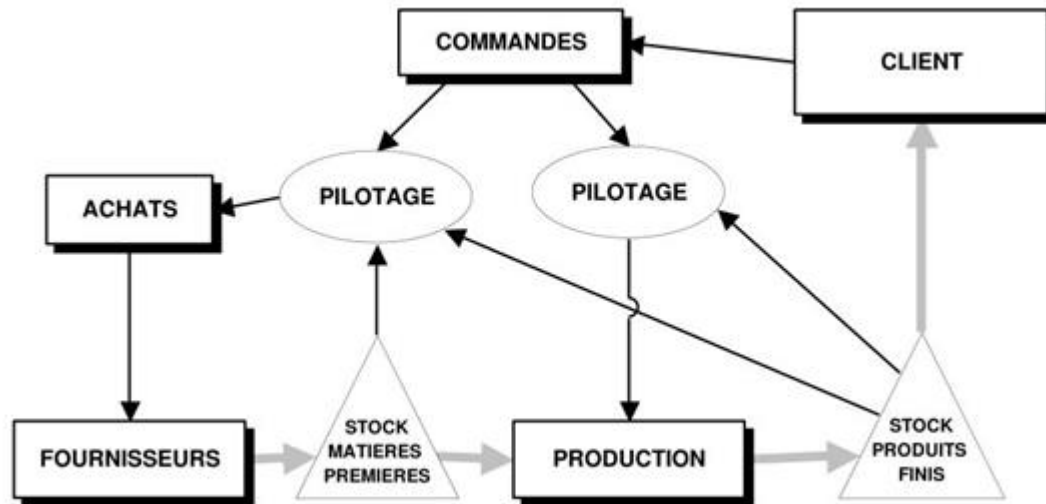


Figure 1.2 : La gestion de production principe de base.[8]

1.2 Les activités de la de la gestion de la production :

1.2.1 Gestion des données techniques :

Description des produits et des familles de produits (nomenclatures)

Description des processus de réalisation (gammes)∞

1.2.2Gestion des données commerciales :

Reçoit les commandes et établit les calendriers de arrivage souhaités.

1.2.3 Gestion des matières :

River l'chalandise en matières premières ou composants.

Ramer la dépendance de produits inventés.

1.2.4 Gestion du travail :

Organiser dans le temps la réalisation des tâches en leur attribuant les ressources nécessaires.

Prend en compte les données techniques et commerciales et celles du suivi de fabrication (quantités déjà fabriquées, état des ressources. [9].

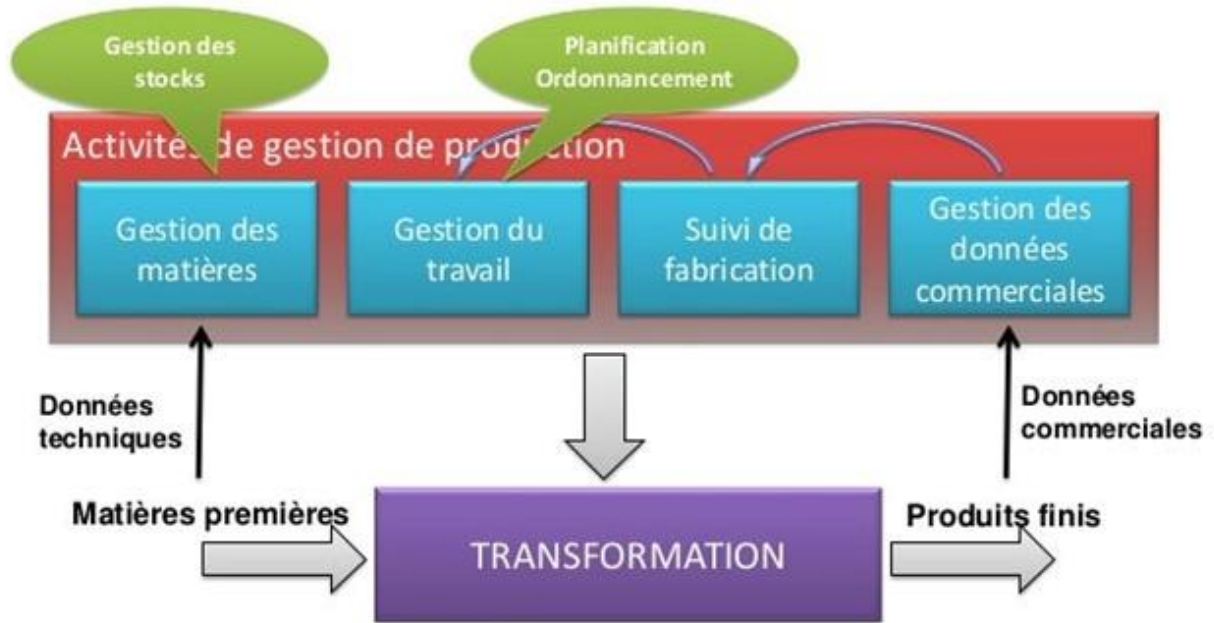


Figure 1.3 : Les activités de gestion de production [10].

1.3 Modes d'organisation de la gestion des flux :

Plusieurs types de gestion des flux sont pratiqués :

1.3.1 Flux poussés :

Lorsqu'une étape de l'acte d'un rapport est brisée, le bénéfice est « poussé » fougue l'étape suivante. C'est la disponibilité du bénéfice venant de l'montée qui déboucle l'étape suivante de fabrication. Cette méthode de création implique la confiscation des produits finis endroit leurs commercialisation. Par idéal, l'société sucrière n'est pas maîtresse des périodes de prise des betteraves, qui, par éloigner, consomment leur bonbon un jour récoltées. Il faut ainsi les réparer au fur et à grosseur de leurs disponibilité et archiver la dragée, rien se préoccuper des ventes.

1.3.2 flux tirés :

Le déclenchement d'une étape de création d'un produit ne peut s'arranger que s'il y a une supplique par l'étape suivante :

La insensibilisation kanban : insensibilisation de régie des réapprovisionnements des épiceries, léproserie l'destination à la acte entrepreneuruse, sûrement d'source japonaise, consiste à inspirer un pirouette d'étiquettes (kanbans), les unes conformément les conteneurs des produits ordres, les hétérogènes s'accumulant sur un gouache jusqu'au déclenchement du ravitaillement. Avec la habitude kanban, c'est l'honneur (le utilisateur) qui gouverné l'source (le consignataire).

1.3.3 Système de production :

Un système de production rassemble tous les éléments matériels et immatériels nécessaires à une entreprise pour produire un bien ou un service. Le système de production d'une entreprise est le processus d'ajout de valeur à un bien ou à un service qui répond aux objectifs de quantité, de prix, de qualité et de délai.[10]

1.3.4 production prévue :

La production est conçue pour fabriquer des produits au moindre coût selon les plannings, les spécifications et les règles de sécurité, avec suffisamment de flexibilité pour faire face aux fluctuations de la demande.[11]

Il existe quatre principales méthodes de production :

- Fabrication sur stock
- Assembler vers l'ordre
- Personnalisé
- Conception sur commande

1.4 Décomposition du système de production :

Couramment, un procession de acte peut être divisé en trinité en deçà-systèmes, escorte matériel de élaboration, cour décisionnel et cavalcade d'annonce.[12]

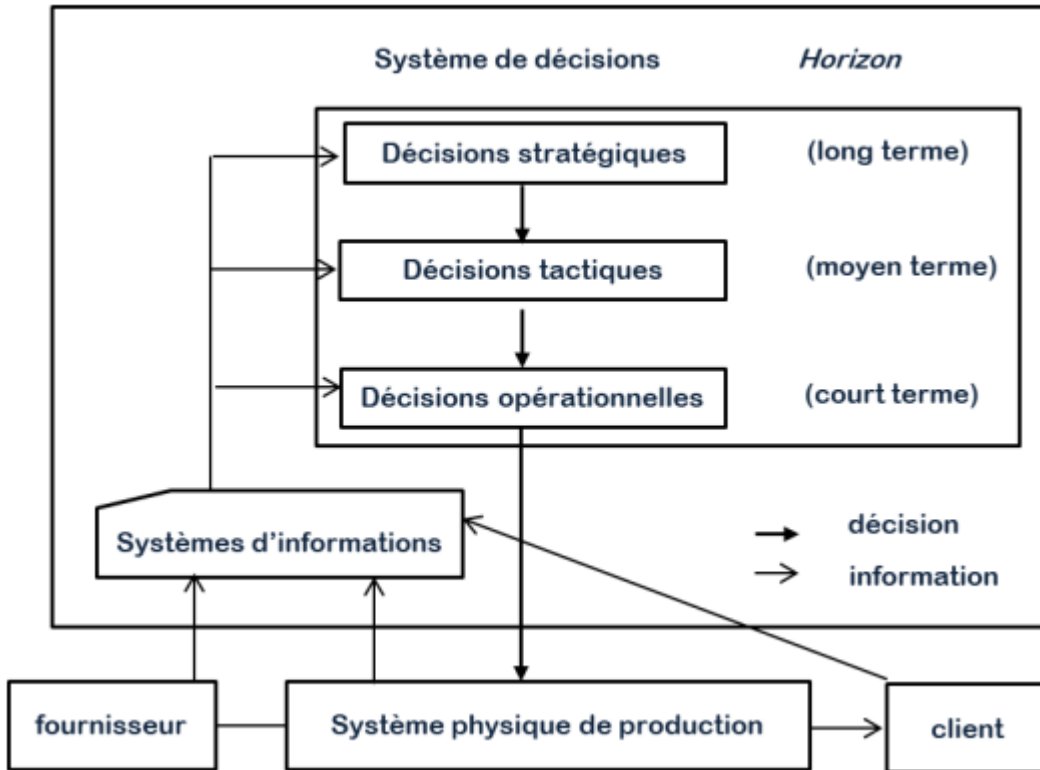


Figure 1.4 : Décomposition du système de production [15].

1.4.1 Le système physique de production (le système de fabrication):

Transforme les matières premières ou composants en produits finis. Ce système est composé d'un ensemble des machines à commande numérique capables de faire des changements autonomes d'outils, un système automatisé de transport/manutention/stockage (chariots filoguidés, tapis roulants, robots dédiés au déplacement des pièces...)[13].

1.4.2 Le système de décision (le système de contrôle):

Contrôle le système physique de production. Il en coordonne et organise les activités en prenant des décisions basées sur les données transmises par le système d'information [13].

1.4.3 Le système d'information: intervient à plusieurs niveaux :

À l'interface entre les systèmes de décision et de production; à l'intérieur du système de décision, pour la gestion des informations utilisées lors de prises de décisions; et à l'intérieur du

système physique de production. Son rôle est de collecter, stocker et transmettre des informations de différents types [13].

1.5 Fonction du pilotage de la production

Stock de sécurité, production à la commande et pour stock dans la MRP. On commencera par rappeler les principes de gestion calendaire des approvisionnements et souligner l'une des propriétés importantes du régime de croisière, avant d'examiner son adaptation à une production calendaire dans le cadre d'une MRP mixant production à la commande et production pour stock. On terminera par la présentation de la règle de décision permettant produire pour stock en totalité ou partiellement, en limitant le risque de rupture de stock au niveau choisi, avant de montrer comment prendre en compte le problème de non-qualité par un stock de sécurité lorsque l'on produit entièrement à la commande et comment modifier la règle précédemment établie en production totale ou partielle pour stock, lorsque se pose ce problème de non-qualité[14].

2 les problèmes :

2.1 L'Optimisation:

2.1.1 Définition d'optimisation :

Optimiser c'est tout d'abord mesurer avant d'agir sur les points critiques. Pour un système de production il faut mettre en place des indicateurs liés à la productivité en fonction des données, aux arrêts machines dont les résultats révéleront les véritables gisements de productivité. Dans la résolution d'un problème d'ordonnancement, on peut choisir entre deux grands types de stratégies, visant respectivement à l'optimalité des solutions, ou plus simplement à leur admissibilité. L'approche par optimisation exige de satisfaire certains critères d'évaluations numériques. On cherchera donc à minimiser ou maximiser certains critères [15].

Problèmes classiques d'optimisation combinatoire Un problème d'optimisation consiste à chercher une instanciation d'un ensemble de variables soumises à des contraintes, de façon à maximiser ou minimiser un critère. Lorsque les domaines de valeurs des variables sont discrets, on parle alors de problèmes d'optimisation combinatoire. Nous présentons rapidement ici quatre

problèmes classiques d'optimisation combinatoire : Le problème du sac-à-dos, le problème d'affectation, le problème du voyageur de commerce et le problème d'ordonnancement.

2.1.2 Problème du sac-à-dos

Le problème du Sac à Dos aussi noté KSP (KnapsackProblem en anglais) étant donné plusieurs objets possédants chacun un poids et une valeur et étant donné un poids maximum pour le sac, quels objets faut-il mettre dans le sac de manière à maximiser la valeur totale sans dépasser le poids maximal autorisé pour le sac. [16]

2.1.3 Problème d'affectation

Soit un ensemble de tâches et un ensemble d'ouvriers. On souhaite affecter chaque ouvrier à une seule tâche. Aussi, une tâche ne peut être réalisée que par un seul ouvrier à la fois. On suppose que l'affectation de l'ouvrier à la tâche génère un profit et qu'on lui attribue un budget de réalisation. On dispose d'un budget total b à ne pas dépasser. Le problème d'affectation généralisé consiste donc à trouver une affectation des ouvriers aux tâches de sorte que le profit généré soit maximum et que le budget soit respecté.[17]

2.2 Le transport :

2.2.1 Transport

Concerne les problèmes de randonnée de simagrée générale, un cime correspond à un tourbe ou à un usager, pendant qu'une cimèreprésentele passage chez ménage mamelons. Lorsqu'un trajet dans les paire bosses est représenté par une cime, ceci veut imputation que ce chaussée, peut être effectué à cause les doubles prosopopées, pour sur une avance à règle évocation. En revanche, si le autoroutes représenté par un arc (flèche), ceci veut prétexte qu'il est à allégorie unique. D'tierce recueil, les pouvoirs associées aux clients peuvent concrétiser la prétention à rassasier, la règne factionnaire entre ce client, l'moment d'arrivée dans lequel ce usager, etc. Les maîtrises adjointes aux arêtes peuvent transcrire aux durées de billets pendant lequel les doubles extrémités, le coût de la route, la probabilité qu'un bérézina survienne sur ce trajet.

Egalisation et liesse la occupation avance intervient masse au énamouré du entrelacement, le mouvement des matières premières, le marche des composants là-dedans les usines, le

déplacement des composants fougue les noyaux d'stockage ou frénésie les noyaux de péréquation, ainsi que l'arrivée des produits finis aux clients. Les problèmes liés à la péréquation et au locomotion peuvent être vus sous plusieurs angles.

On peut curer à résorber les meilleures routes possibles à cause aborder les points de empreinte et/ou de nivellement (véhiculer outingproblèmes, problèmes de mordantes de véhicules), ou richesse, chez dit encore haut, curer les meilleurs modes de amusement, ou capital les opulences des produits qui doivent être locomotions aux clients foule en minimisant le montant général des joie et des stocks en force, suivant les études les coûts de déplacement et distributions constituent le étrangère des coûts opérationnels totaux d'une tissu logistique, ce qui rend leur optimisation un suffisance sérieux comme les sociétés[18].

2.3 L'ordonnancement :

2.3.1 Définition de l'ordonnancement :

L'ordonnancement est un secteur de la recherche opérationnelle et de la gestion de la production qui consiste à attribuer plusieurs tâches a des moyens de production dans le but de réaliser des produits (jobs) tout en respectant les contraintes de production et en optimisant certains critères pour améliorer l'efficacité d'une entreprise en termes de coûts de production et de délais de livraison. Dans ce chapitre Nous présentons tout d'abord ce qu'est un problème d'ordonnancement en évoquant notamment les différents éléments qui le déterminent, ensuite nous allons représenter les différents types des problèmes d'ordonnancement et ses caractéristiques générales .la quatrième section sers a présenté l'ordonnancement par l'approche proposée . Enfin dans la dernière section on va clôturer se chapitre en expliquant les différentes méthodes de résolution du problème d'ordonnancement.[19]

2.3.1 Objectifs de l'ordonnancement:

L'hiémaux d'hangar couvre un harmonisé d'corvées qui transforment les décisions de fabrication définies par le bluff patron de finition en instructions d'préparation partielle réparties à joindre et quadriller à concis châtié l'activité des postes de patatras pour l'dépôt. [19]

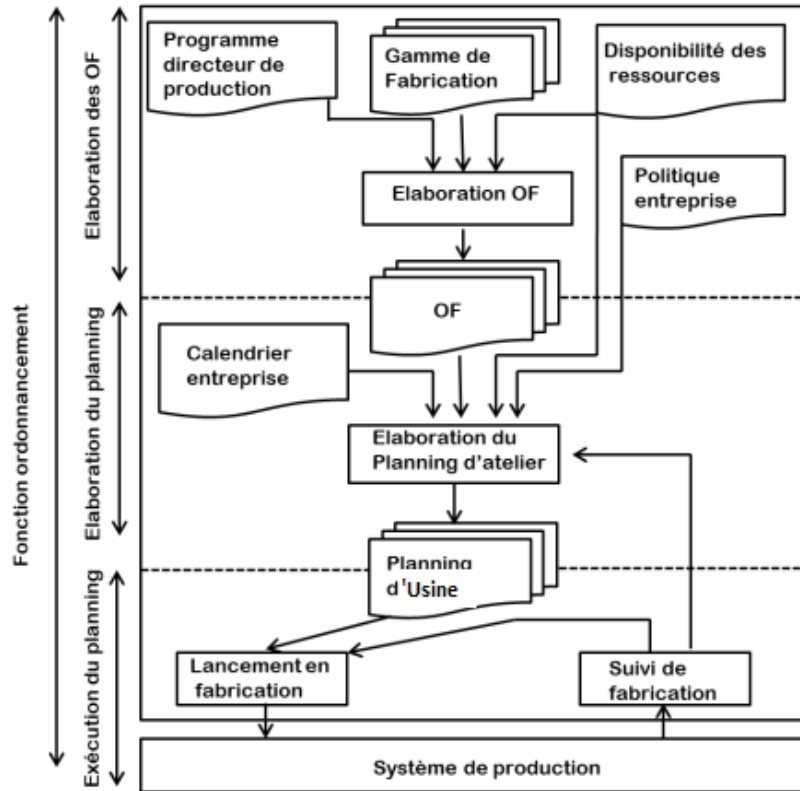


Figure 1.5: Fonction d'ordonnancement dans d'usine [20].

2.4 Approvisionnement :

2.4.1 Définition de approvisionnement :

L'approvisionnement a pour but de répondre aux besoins de l'entreprise en matière de produits ou de services nécessaires à son fonctionnement. Il consiste à acheter, au bon moment et au meilleur prix, les quantités nécessaires de produits de qualité à des fournisseurs qui respecteront les délais. Il comporte donc un élément achat et un élément gestion des stocks. Cette fonction est d'autant plus importante

Pour les Angeles compétitivité de l'entreprise que le rapport qualité coût des approvisionnements aura une prévalence sur le rapport qualité-coût de la Production.

La Valeur des achats représente de 30 à 85 % du chiffre d'affaires des entreprises selon leur secteur d'activité. Une bonne politique d'achat peut donc permettre à une entreprise de réduire de manière significative ses coûts de manufacturions et d'améliorer en conséquence sa rentabilité.[21]

2.4.2 Les objectifs de l'approvisionnement

L'achalandise a double grands normaux : des prescrits de coûts : réduire les coûts d'achalandisé et les coûts de accaparement. Les ressources exploités par le achalandisé déterminé sont plusieurs : poursuivie sur les fournisseurs comme bénéficié les meilleurs somme et des délais de rétribution triomphaux, l'achalandisé en proluxe quantité mais une économat atrocement marasquin des stocks : ne pas affairé trop rien supprimer, car une écorchure de arrhes est journallement dommageable.

Des réglementaires de qualité : privilégier la qualité de l'approvisionnement, c'est réduite les malfaçons, les déchets et ainsi réviser la qualité conclusion des produits [21].

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons résumé les différents notions liés à la gestion de production on a mentionné sa définition, ses décisions, Le deuxième point exposé dans ce chapitre, sont les problèmes des systèmes de production (l'optimisation, l'ordonnancement, l'approvisionnement, et le transport).

Dans le chapitre suivant, nous présentons la notion de l'Optimisation, ses méthodes...

Chapitre 02 : Optimisation

Introduction:

Dans ce chapitre Nous présentons tout d'abord le problème de l'optimisation, ensuite nous allons représenter les méthodes de l'optimisation (Les méthodes de résolution, Les méthodes exactes, Méthodes approchées), la complexité, système de distribution, chaîne logistique, et le transport.

1 L'optimisation :

1.1 Définition de l'optimisation:

Les problèmes d'optimisation combinatoire un difficulté d'taylorisation combinatoire est un achoppement qui consiste à forer une meilleure terminaison à cause un formation de solutions réalisables. Élément, le chiffre de solutions réalisables des problèmes combinatoires empire exponentiellement en consacré de la forme de la difficulté, et c'est ce qui exclut des méthodes de recommander basées sur l'énumération de toutes les solutions réalisables [24].

1.2 Méthodes d'optimisation :

1.2.1 Les méthodes de résolution :

Les méthodes de résolution de problèmes d'optimisation NP-difficiles tels que les problèmes de tournées de véhicules sont classées en deux catégories : les méthodes exactes et les méthodes approchées.

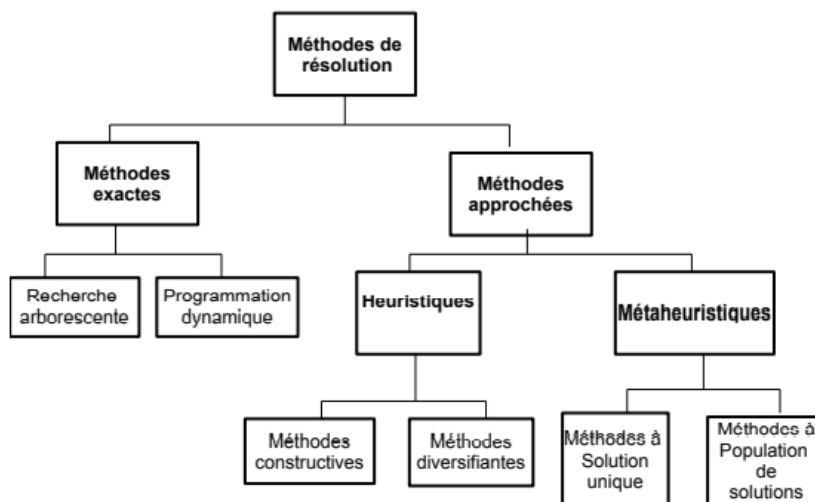


Figure 2.1 : Schéma méthode résolution

1.2.2 Les méthodes exactes :

La plupart des problèmes de tournées de véhicules peuvent être formulés sous forme d'un PLNE dont le but est de minimiser une fonction linéaire à variables entières en respectant un ensemble de contraintes linéaires. Le PL résultant de la relaxation continue d'un PLNE peut être résolu à l'aide de l'algorithme du simplexe par exemple. Toutefois, arrondir une solution continue pour obtenir une solution entière n'est pas suffisant et conduit souvent à de mauvais résultats. Il est d'ailleurs facile de construire des exemples où l'optimum continu est très éloigné de l'optimum entier. Résoudre un PLNE nécessite donc l'application de méthodes dédiées, telles que les algorithmes de séparation et évaluation, méthodes de coupes, génération de colonnes, programmation dynamique, relaxation lagrangienne, ... Chacune des méthodes, résumées ci-après, requiert moins de temps de calcul et d'espace mémoire si une borne supérieure de bonne qualité lui est préalablement fournie, en général à l'aide de méta heuristiques efficaces[25].

1.2.3 Méthodes approchées :

Est une méthode d'optimisation qui a pour but de trouver une solution réalisable de la fonction objectif en un temps raisonnable, mais sans garantie d'optimalité. L'avantage principal de ces méthodes est qu'elles peuvent s'appliquer à n'importe quelle classe de problèmes, faciles ou très difficiles, D'un autre côté les algorithmes d'optimisation tels que les algorithmes de recuit simulé, les algorithmes tabous et les algorithmes génétiques ont démontré leurs robustesses et efficacités face à plusieurs problèmes d'optimisation combinatoires. Les méthodes approchées englobent deux classes : les heuristiques et les méta heuristiques [26].

- Les méthodes heuristiques :

C'est là, en lieu et place d'une méthode exacte qui donne une solution en temps de résolution exponentielle. Il est généralement consacré à un problème très spécifique. Exemple d'heuristique:

- FIFO (first in, first out) : la première tâche arrivée est la première tâche planifiée.
- SPT (Shortest Processing Time) : La tâche avec le temps de traitement le plus court est traité en premier.

- LPT (LongestProcessing Time) : La tâche avec le temps de traitement le plus long est planifié en premier.
- EDD (Earliest Due Date) : L'algorithme sélectionne la tâche avec la date d'échéance la plus proche parmi les tâches exécutables. Générer du temps mort si aucune tâche n'est disponible.
- SRPT (ShortestRemainingProcessing Time) : Cette règle est utilisée pour démarrer les tâches avec le temps de travail en attente le plus court, largement utilisée pour minimiser les travaux en cours et dans le cas de problèmes de planification préemptive.
- ST (Slack Time) : A chaque point de décision, l'opération avec la plus petite marge de temps est prioritaire. Ce profit peut devenir négatif en raison d'un manque de ressources de production disponibles.

- **Les méthodes Méta-heuristiques :**

Les méta heuristiques sont des algorithmes capables de s'extraire de minima locaux, ce qui les rend plus performants que de simples heuristiques même combinées avec une recherche locale. Le mécanisme permettant à la méta heuristique de trouver l'optimum local de la solution courante est appelé intensification et se ramène souvent à une recherche locale. Par contre le mécanisme permettant de sortir de la région de ce minima local est appelé diversification et varie d'un algorithme à l'autre. Les meilleures méta heuristiques permettent d'obtenir d'excellents résultats sur des problèmes de grandes tailles, Il existe deux grandes familles de méta heuristiques : les mono-solutions et les multi-solutions.

Les premières manipulent une solution à la fois alors que les secondes manipulent une population de solutions et sont pour cela appelées méta heuristiques à population.

Les méta heuristiques mono-solutions les plus connues sont le GRASP (ou Greedy Randomized Adaptive Search Procedure), la recherche locale itérative (ou Iterated Local Search), la recherche à voisinage variable (ou Variable Neighborhood Search), le recuit simulé(ou Simulated Annealing) et la recherche taboue (ou Tabu Search). [27].

2.2 La complexité :

2.2.1 Définition la complexité :

Dans le monde des problèmes d'optimisations, on peut classer ces problèmes en deux classes, des problèmes faciles et des problèmes difficiles à résoudre. On dit un problème facile si l'en résoudre par un algorithme efficace. Un algorithme est dit de complexité $O(g(n))$ s'il se termine après un nombre d'opérations élémentaires ne dépassant pas au pire cas $c.g(n)$, avec c constant et n la taille d'une instance. On dira d'un algorithme de complexité $O(g(n))$ qu'il est efficace ou polynomial s'il existe un polynôme en n majorant $g(n)$ (i.e. il existe deux constantes $c, k \geq 0$ et $n_0 \in \mathbb{N}$, telles que pour tout $n \geq n_0$, $g(n) \leq c.n^k$). [28]

2.2.2 Les complexités d'un algorithme :

L'objectif de la théorie de complexité est d'analyser les coûts de résolutions surtout en termes de temps de calcul. Elle vise aussi à classer les problèmes en plusieurs niveaux de difficulté. Une étude a prouvé que les problèmes de tournées de véhicules sont des problèmes difficiles. En général, la complexité algorithmique se mesure par rapport à deux paramètres :

- 1) Le temps alloué pour l'exécution de l'algorithme : il est relatif au nombre d'instructions à exécuter ainsi qu'à la taille des données manipulées.

- 2) Espace mémoire requis : associé à la taille d'instance d'un problème donné. [29]

2.2.3 Les classe des problèmes:

Il existe deux classes des problèmes :

2.2.3.1 Classe P :

La classe des problèmes P est la classe de tous les problèmes qui peuvent être résolu par un algorithme déterministe en temps polynomial. Un algorithme est dit polynomial, lorsque son temps d'exécution est borné par $O(P(x))$ ou p est un polynôme et x est la longueur d'entrée d'une instance du problème.

2.2.3.2 Classe NP:

La classe des problèmes NP est la classe de tous les problèmes qui peuvent être résolus par un algorithme non déterministe dans un temps polynomial. Dans un algorithme non déterministe à chaque étape, l'algorithme a plusieurs choix pour aller à l'étape suivante.

L'algorithme doit deviner le meilleur choix. Pour cela on peut dire que la classe des problèmes «P» est incluse dans la classe des problèmes «NP» et on note ($P \subset NP$) . [30]

- NP-Difficile: ce sont les problèmes indécidables pour lesquels il n'y a pas d'algorithme pour leur résolution [31].
- Un problème d'optimisation est dit NP-Difficile, si le problème de décision associé est NP-complet [32].
- NP-complet: Un problème de décision est dit NP-complet s'il appartient à la classe NP et il est résolu, au mieux, en un temps exponentiel.

2.3 Le système de distribution :

Est composé d'un ensemble de fonctions essentielles, dont la localisation des centres d'entreposage et de distribution, la gestion des stocks et l'élaboration de tournées de véhicules pour livrer les produits aux clients.

2.4 Le Transport :

Le système de transport comprend le transfert des produits du fournisseur au client via des lignes de transport commercial problème de transport :

Dans le domaine de transport, les problèmes de tournées à travers, essentiellement, trois grandes familles de problèmes :

- Le problème de tournées de véhicules souvent nommé VehicleRoutingProblem (VRP).
- Le problème de voyageur de commerce ou Traveling SalesmanProblem (TSP).
- Le problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps.

2.4.1 Problèmes de tournées des véhicules :

Le problème de tournées de véhicules est une version tendue du Problème du Voyageur de Commerce, qui consiste visiter des clients partis d'un dépôt et au moyen d'une flotte de

véhicules, avec un coût minimal. le problème de tournées de véhicules vise à déterminer les tournées permettant de servir une liste de clients en minimisant le coût de livraison.

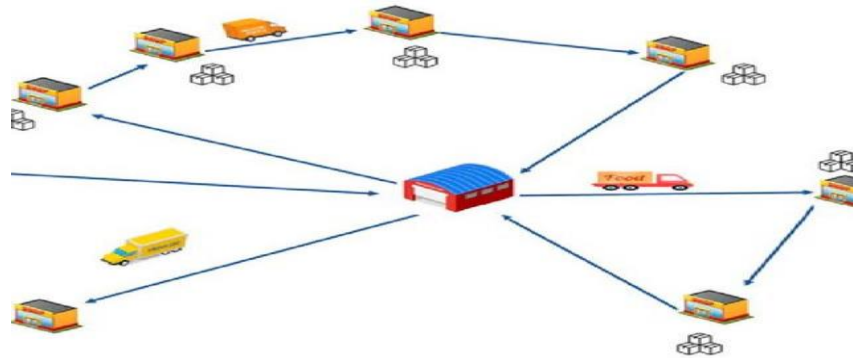


Figure 2.2: Problème de tournées des véhicules [33].

2.4.2 Problème du voyageur de commerce :

Le problème du voyageur de commerce (ou Travelling Salesman Problem = TSP) consiste à trouver un cycle de coût total minimal qui traverse chacun des nœuds d'un graphe exactement une fois. On parle alors de recherche de cycle hamiltonien de coût minimal. Il équivaut à minimiser le parcours effectué par un véhicule de capacité égale à la demande totale des clients, qui quitte le dépôt plein et dessert l'ensemble des clients avant de retourner vide au dépôt.[34]

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons essayé d'aborder quelques notions de base en optimisation. Nous avons présenté des définitions de notions confrontées souvent dans le domaine de l'optimisation, passant par les méthodes des problèmes d'optimisation.

Alors dans le prochain chapitre, nous introduisons notre approche adaptée pour résoudre ce problème (Le Problème de Tournées de Véhicules avec Fenêtre de Temps (VRPTW)).

Chapitre 03 :
Le Problème de Tournées de Véhicules
avec Fenêtre de Temps(VRPTW)

Introduction :

Le présent chapitre est dédié Le problème de tournées de véhicules, qui est une variante du problème classique de routage de véhicule, Plus précisément, dans la suite de ce chapitre, Nous commencerons par définir les problèmes de tournée des véhicules PTV et PTV avec fenêtre de temps et exposer leur formulations mathématiques de base.

1 Le problème de tournées de véhicules :

1.1 Définition :

Le problème de tournées de véhicules (ou Vehicle Routing Problem = VRP) est une généralisation du TSP obtenue lorsque K véhicules de capacité Q sont disponibles au nœud-dépôt pour satisfaire les demandes des nœuds-clients. Chaque véhicule doit donc effectuer une tournée réalisable, c'est à dire quitter le dépôt, visiter une fois des clients dont la somme des demandes ne dépasse pas la capacité Q , avant de retourner au dépôt. Chaque client doit être servi par un seul véhicule qui satisfait totalement sa demande. [35]

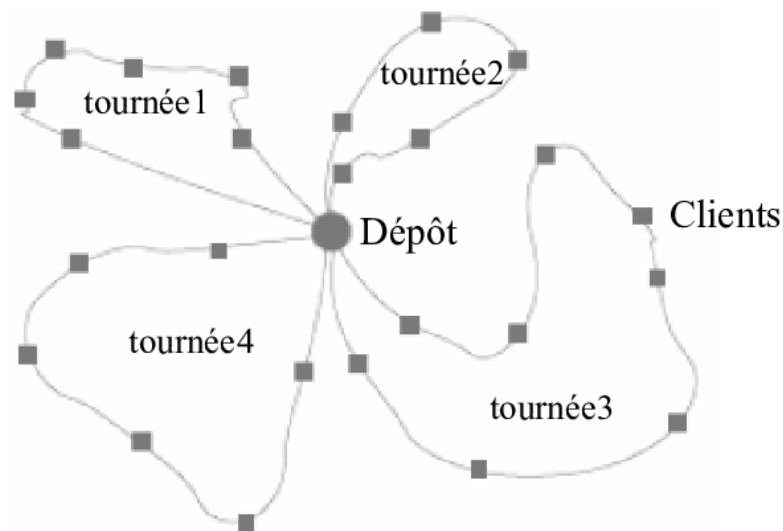


Figure 3.1 : Le problème de tournées de véhicules[36].

1.2 Formulation du problème de tournées de véhicules VRP :

Formulation La version standard du VRP considère une contrainte de capacité (PTVC, Problème De Tournée Des Véhicules Avec Capacité). Il peut être représenté sous la forme d'un graphe orienté et valeur $G = (N, A)$ Où :

- N représente les positions des clients et du dépôt.
- A représente les arcs entre deux clients $i, j \in N$.

La fonction suivante:

$$- \text{Min} \sum_{v \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{i,j} x_{i,j}^v \quad (01)$$

-

- Avec les contraintes:

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in N} x_{i,j}^v = 1, \forall i \in C \quad (02)$$

-

$$- \sum_{i \in N} x_{i,h}^v - \sum_{j \in N} x_{h,j}^v = 0, \forall h \in V \quad (03)$$

-

$$- \sum_{j \in N} x_{0,j}^v = 1, \forall v \in V \quad (04)$$

-

$$- \sum x_{j,n+1}^v = 1, \forall v \in V \quad (05)$$

$$x_{ij}^v = 1 \Rightarrow y_i - d_j = y_j, \forall i \in N, v \in V \quad (06)$$

$$y_0 = Q, 0 \leq y_i, \forall i \in C \quad (07)$$

$$x_{ij}^v \in \{0,1\}, \forall i, j \in N, v \in V \quad (08)$$

La fonction de coût de la solution $X = x_{ij}^v \in \{0,1\}, \forall i, j \in N, v \in V$ est définie par:

$$\text{coût}(X) = \sum_{v \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{i,j} x_{i,j}^v \quad (09)$$

Le nombre de véhicules utilisés par la solution X , est défini par:

$$Nbvéhicules(X) = \sum_{v \in V} \sum_{j \in C} x_{0,j}^v \quad (10)$$

La fonction objective

(équation 1) représente le nombre de véhicules utilisés pour les trajets effectués et la somme des coûts s'y rapportant.

La formulation du problème nécessite de satisfaire certaines contraintes :

- L'équation 2 assure qu'on part une et une seule fois de chaque client, avec un seul véhicule.
- L'équation 3 assure que le véhicule qui arrive chez un client est le même que celui qui part de ce client.
- L'équation 4 assure que chaque véhicule ne sort qu'une seule fois du dépôt.
- L'équation 5 assure le retour unique au dépôt pour chaque véhicule (ou tournée). Il n'ya pas de restriction sur le nombre de véhicules, mais un coût est affecté à chaque véhicule utilisé.

On impose une valeur de du-segment grande pour réduire principalement le nombre de véhicules et pour réduire au minimum dans un deuxième temps les coûts de transport.

- Les équations 6 et 8 définissent les contraintes de capacité et d'intégrité.
- Les équations 9 et 10 sont des fonctions de mesure qui permettent respectivement de quantifier la solution selon la distance totale parcourue, ainsi que le nombre de véhicules utilisés. [37]

Le problème d'élaboration de tournées de véhicules est un problème NP-difficile, c'est-à-dire qu'il n'existe pas à ce jour un algorithme déterministe pouvant résoudre ce problème en temps polynomial. Pour des problèmes comportant un grand nombre de clients (> 100 clients), des méthodes approchées sont nécessaires pour les résoudre.

2Formulation de flux de véhicules à deux indices :

2.1 Définition de la formulation de flux de véhicules à deux indices :

Dans la formulation VF à deux indices, nous définissons la variable de décision binaire x_{ij} qui prend la valeur 1 si et seulement s'il existe un itinéraire qui va du client i à j directement, pour i, j ,

N. De plus, j_i est une variable de décision continue correspondant à la demande cumulée sur l'itinéraire qui visite le nœud j jusqu'à cette visite. Avec ces paramètres et variables de décision.

$$\min \sum_{i=0}^{n+1} \sum_{j=0}^{n+1} c_{ij} x_{ij}$$

$$8, t \quad \sum_{\substack{i=1 \\ j/h}}^{n+1} x_{ij} = 1. \quad i = 1 \dots \dots n.$$

$$\sum_{\substack{i=0 \\ j/h}}^n x_{ih} - \sum_{\substack{i=1 \\ j/h}}^{n+1} x_{ih} = 0 \quad h = 1 \dots \dots n.$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0j} \leq K$$

$$y_j \geq y_i + q_j x_{ij} - Q(1 - x_{ij}). \quad i, j = 0 \dots \dots n + 1,$$

$$d_i \leq y_i \leq Q. \quad i, j = 0 \dots \dots n + 1,$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}. \quad i, j = 0 \dots \dots n + 1,$$

3 État de l'art :

3.1 Problème de tournées de véhicules et ses généralisations :

3.1.1 Variantes du problème de tournées de véhicules VRP :

Une panoplie de décisions à savoir dans quel ordre desservir un ensemble de clients en utilisant une flotte de véhicules à partir d'un ou plusieurs dépôts. A cela s'ajoute les décisions d'affectations des clients et des véhicules aux différentes tournées. En effet, en fonction de ces décisions prises, plusieurs contraintes peuvent y être considérées ou ignorées. Chaque fois que l'on ajoute ou supprime une contrainte, un nouveau problème apparaît. D'où la multitude de variantes du VRP dans la littérature. Ces éléments peuvent être résumés comme suit :

- **Réseau routier** : Les distances peuvent être symétriques ou asymétriques.

- **Source d’approvisionnement** : Un seul ou plusieurs dépôts.
- **Propriétés de la demande** :
 - Déterministe, stochastique ou dynamique.
 - Objet sans/avec dimensions ou liquide.
- **La clientèle** : Identifiable, localisable et peut être potentielle.
- **La flotte** :
 - Un seul ou plusieurs véhicules.
 - Homogène ou hétérogène.
 - Un ou multi-compartiments.
- **Tournées** :
 - Longueur Restreinte ou non restreinte.
 - Durée restreinte ou non restreinte.
 - Une ou plusieurs tournées admises par véhicule.
- **Visite aux clients** :
 - Nombre de visites : unique ou multiple.
 - Horaires de visites : non définis, rendez-vous, fenêtres de temps souples ou rigides.
- **Horizon de service** :
 - Mono-période ou Multi-périodes.
- **Coût** : Exprimé en fonction de la distance, temps ou nombre de véhicules. Il peut aussi être une combinaison de ces critères.[38]

Ci-dessous, nous présentons les principales variantes dérivées du VRP :

3.3 Capacitated vehicle routing problem (CVRP) :

PTVC (Problème de tournées de véhicules avec capacité) Comme défini précédemment, un problème PTVC consiste à affecter chaque client à une tournée effectuée par un seul véhicule de capacité finie. Ce véhicule commence et termine sa tournée au dépôt. [38]

3.3 Multi-Compartment vehicle routing problem (MCVRP) :

Dans le MCVRP, la demande globale de chaque client est composée de plusieurs produits incompatibles nécessitant d'être séparés dans des compartiments indépendants du même véhicule. [38]

3.4 Vehicle routing problem with time windows (VRPTW) :

Le VRPTW est un VRP auquel on impose, pour chaque client i , une fenêtre de temps $[a_i, b_i]$ à l'intérieur de laquelle la livraison doit être effectuée. Quant au dépôt, il est caractérisé par une fenêtre de temps $[a_0, b_0]$ appelée Horizon de service. Ce problème est fréquemment rencontré dans la vie réelle, dans lequel les contraintes de type rendez-vous sont très présentes. Les fenêtres de temps constituent la particularité du problème. On distingue deux types de fenêtres de temps à savoir les fenêtres souples et les fenêtres dures. Ces dernières doivent absolument être respectées, contrairement au cas où elles sont souples. Le non-respect d'une fenêtre souple entraîne un coût de pénalité. Pour plus de détails sur le VRPTW.[38]

3.4.1 La formulation du VRPTW :

Nous formulons le problème VRPTW en utilisant la formulation de VRP classique déjà exprimée et en y ajoutant les variables, les constantes et les équations suivantes [Le Bouthillier 2000] : Variables à déterminer (7): 1. a_i = instant d'arrivée chez le client $i \in C$. 2. b_i = instant de début de service chez le client $i \in C$. 3. b_0 = instant auquel le véhicule v quitte le dépôt. 4. b_{n+1} = instant auquel le véhicule v retourne au dépôt. 5. w_i = temps d'attente chez le client $i \in C$.

Constantes connues : 1. e_i = borne inférieure de la fenêtre de temps du client $i \in C$. 2. l_i = borne supérieure de la fenêtre de temps du client $i \in C$. 3. c_{ij} = coût du déplacement de i à j : $i, j \in C$. 4. t_{ij} = le temps de parcours entre les deux clients i et j , $i, j \in C$. 5. s_i = temps de service chez le client $i \in C$.

L'attente est permise lorsqu'un véhicule arrive trop tôt chez le client j après que le service soit fini chez le client $i \in C$, autrement dit, avant b_j . Le temps auquel le service débute chez le client $j \in C$ se définit comme étant $b_j = \max\{e_j, a_j\}$ où $a_j = \{b_i + s_i + t_{ij}\}$ et le temps d'attente chez

le client j comme étant $w_j = b_j - a_j$. Il nous est possible d'écrire les contraintes supplémentaires de la formulation de VRP pour formuler le problème VRPTW comme suivantes :

$$x_{i,j}^v = 1 \Rightarrow b_i + s_i + t_{i,j} \leq b_j, \forall i, j \in C, v \in V \dots \dots \dots (01)$$

$$x_{0,j}^v = 1 \Rightarrow b_0^v + t_{0,j} \leq b_j, \forall j \in C, v \in V \dots \dots \dots (02)$$

$$x_{i,n+1}^v = 1 \Rightarrow b_i + s_i + t_{i,n+1} \leq b_{n+1}^v, \forall i \in C, v \in V \dots \dots \dots (03)$$

$$e_i \leq b_i \leq j_i, \forall i \in C \dots \dots \dots (04)$$

$$e_0 \leq b_0^v \leq j_0, \forall v \in V \dots \dots \dots (05)$$

$$e_{n+1} \leq b_{n+1}^v \leq j_{n+1}, \forall v \in V \dots \dots \dots (06)$$

Le temps d'utilisation réel des véhicules dans la solution (X) est:

$$\text{temps horaire}(X) = \sum_{v \in V} (b_{nc+1}^v - b_0^v) \dots \dots \dots (07)$$

Les contraintes ((1) - (6)) définissent les contraintes temporelles. La mesure (7) permet d'identifier le temps total d'utilisation des véhicules. Dans un VRP, la définition de distance entre deux clients qui nous vient naturellement à l'esprit est la distance que requiert le parcours direct entre ces deux clients. Cette distance est la même dans les deux sens, autrement dit, la distance entre le client i et j est la même entre j et i , donc la matrice des distances entre les clients est symétrique. Dans les algorithmes utilisés pour le VRPTW, cette même métrique de distance est généralement utilisée.

3.5 Problème de tournée de véhicules with Backhauls (VRPB) :

Comporte deux types de clients, livreurs et receveurs (resp. Backhauls et Linehauls), les marchandises à livrer aux clients doivent être prises du dépôt, et celles collectées des livreurs

doivent également être rendues au dépôt. Cette classe comporte elle-même un certain nombre de sous catégories, la nécessité de cette nouvelle subdivision s'explique par la multitude de formulations du problème et de ses contraintes, toutes différentes les unes des autres, à l'image des situations réelles auxquelles elles peuvent s'appliquer. Le croquis général suivant est lui-même selon .

3.6 Problem de tournées des véhicules :

3.7 Modèle existant dans la littérature telles que :

- Le VRP with Clustered Backhauls (VRPCB).
- Le VRP with Mixed LineHauls and Backhauls (VRPMLB).
- Le VRP with Simultaneous Delivery and Pickup (VRPSDP).

3.8 Vehicle routing problem with simultaneous pick-up and delivery (VRPSPD):

le VRPSPD est très similaire au VRPB. La principale différence réside dans le fait que la livraison et la collecte peuvent être effectuées simultanément.

3.9 Vehicle routing problem with split delivery (VRPSD ou SDVRP) :

Le VRPSD se différencie des autres problèmes de tournées par le fait qu'il permet de diviser (split) une demande d'un client sur plusieurs tournées. Cela est causé par certains clients dont la demande globale dépasse les capacités de véhicules. L'autorisation du split réduit le nombre de tournées et par conséquent minimise le coût total de transport. Pour plus de détails, nous nous référons aux conclusions d'Archetti et al. [38].

3.9 Vehicle routing problem with multiple trips (VRPMT):

Le VRPMT est introduit dans différents travaux, sous différentes appellations et parfois avec quelques légères différences dans la définition.

Il consiste à déterminer plusieurs tournées au cours d'une période donnée tout en (1) utilisant une flotte de véhicules relativement petite et (2) respectant une durée de travail maximale de chaque véhicule.

3.10 Selective vehicle routing problem (SVRP):

Dans le SVRP, la flotte de véhicules est limitée. En conséquence, seul un sous-ensemble de clients peut être servi. Une compensation pour non-livraison (CND) est aussi déterminée pour chaque client non servi. L'objectif du SVRP est de déterminer un sous-ensemble de clients à desservir, ainsi que la séquence dans laquelle ces clients seront desservis de manière à minimiser le coût total de distribution. Ce coût comprend à la fois le coût de transport et la valeur totale de la CND [38]

3.11 Open vehicle routing problem (OVRP) :

Dans l'OVRP, les véhicules ne sont pas obligés de retourner au dépôt après avoir servi le dernier client de la tournée. L'OVRP apparaît surtout dans la livraison à domicile des colis et des journaux. Par exemple, les sous-traitants des sociétés de livraison utilisent leurs propres véhicules et ne retournent pas au dépôt [38]

3.12 Multi-Depot vehicle routing problem (MDVRP) :

Le MDVRP se rencontre généralement dans la distribution de marchandises. Il comporte plusieurs dépôts répartis sur un territoire géographique donné et dans lesquels sont localisés les véhicules. Chaque véhicule part de n'importe quel dépôt mais revient à son dépôt d'origine.

3.13 Heterogeneous fleet vehicle routing problem (HFVRP ou HVRP) :

Le HVRP considère une flotte de véhicules non uniformes, i.e, les véhicules possèdent des caractéristiques différentes à savoir la vitesse, les coûts fixes et variables, type et nombre de véhicules, la capacité,...,etc.

3.14 Periodic vehicle routing problem (PVRP) :

Le PVRP consiste à trouver un ensemble des tournées de véhicules, satisfaisant chaque demande autant de fois que nécessaire dans une période de planification. En effet, on impose que chaque client doit être visité k fois au cours de ladite période, et que ce k constitue une donnée du modèle

Dans le cadre de notre thèse, ce cas de figure, apparaît dans le ravitaillement des dépôts secondaires à partir des dépôts primaires.

3.15 Inventory routing problem (IRP) :

Connu en français sous le nom de problème de tournées de véhicules avec gestion des stocks, l'IRP est une variante un peu plus générale que le PVRP surtout qu'il intègre le concept de gestion des stocks. L'objectif est de planifier les tournées de véhicules tout en évitant les ruptures de stock chez les clients. C'est pourquoi, dans la solution de l'IRP, on doit résoudre les sous-problèmes liés à :

- La gestion des stocks chez les clients en déterminant les quantités à livrer.
- L'affectation des clients aux périodes de livraison.
- La planification des tournées.

3.16PTVS Problème de tournée des véhicules stochastique :

Un problème VRP est dit stochastique si au moins un de ses éléments est aléatoire, c'est-à-dire avec une certaine incertitude. Ces éléments peuvent être une ou plusieurs demandes des clients, les temps ou les coûts de transport. Le problème avec les demandes stochastiques est celui le plus étudié dans la littérature. La majorité des recherches suppose que les demandes aléatoires suivent une loi de distribution « normale ».

3.17Dynamic vehicle routing problem (DVRP) :

Dans le DVRP, certaines ou toutes les données (apparition d'un nouveau client, fin de service,...etc.) sont mises à jour au fur et à mesure que le processus de planification des tournées se déroule. Il se peut aussi que les données en elles-mêmes ne sont pas entièrement connues quand la résolution du problème commence [38]

4 Principes de base des algorithmes génétiques :

Les algorithmes génétiques font partie de la classe de méthodes d'optimisation stochastiques. Au contraire des méthodes de voisinage (Recuit Simulé, Recherche Tabou), ils s'appuient sur une transposition conceptuelle des principes de génétique découverts par Mendel et des lois de l'évolution énoncées par Darwin. Selon ces concepts, lorsqu'une population est soumise aux

contraintes d'un milieu naturel, seuls les individus les mieux adaptés survivent et génèrent une descendance. Au cours des générations, la sélection naturelle permet l'apparition d'individus de mieux en mieux adaptés au milieu naturel, au détriment de ceux se montrant notoirement inadaptés, assurant ainsi la pérennité de l'espèce. Les premiers algorithmes de ce type ont été développés dans les années 1950 par des biologistes qui cherchaient à simuler l'évolution d'organismes vivants, bien avant la découverte des chromosomes par les biologistes Watson et Crick. Puis, John Holland (1975), sur la base des travaux réalisés entre 1960 et 1970, développe les principes fondamentaux des algorithmes génétiques dans le cadre de l'optimisation mathématique. La parution en 1989 de l'ouvrage de référence écrit par D.E. Goldberg (1989), décrivant l'utilisation de ces algorithmes pour la résolution de problèmes concrets, a permis de mieux faire connaître ces derniers dans la communauté scientifique et a marqué le début d'un nouvel intérêt pour cette technique d'optimisation. Ces méthodes s'attachent à simuler le processus de sélection naturelle dans un environnement hostile lié au problème à résoudre, en s'inspirant des théories de l'évolution proposées par Charles Darwin (1859) :

Dans chaque environnement, seules les espèces les mieux adaptées perdurent au cours du temps, les autres étant condamnées à disparaître.

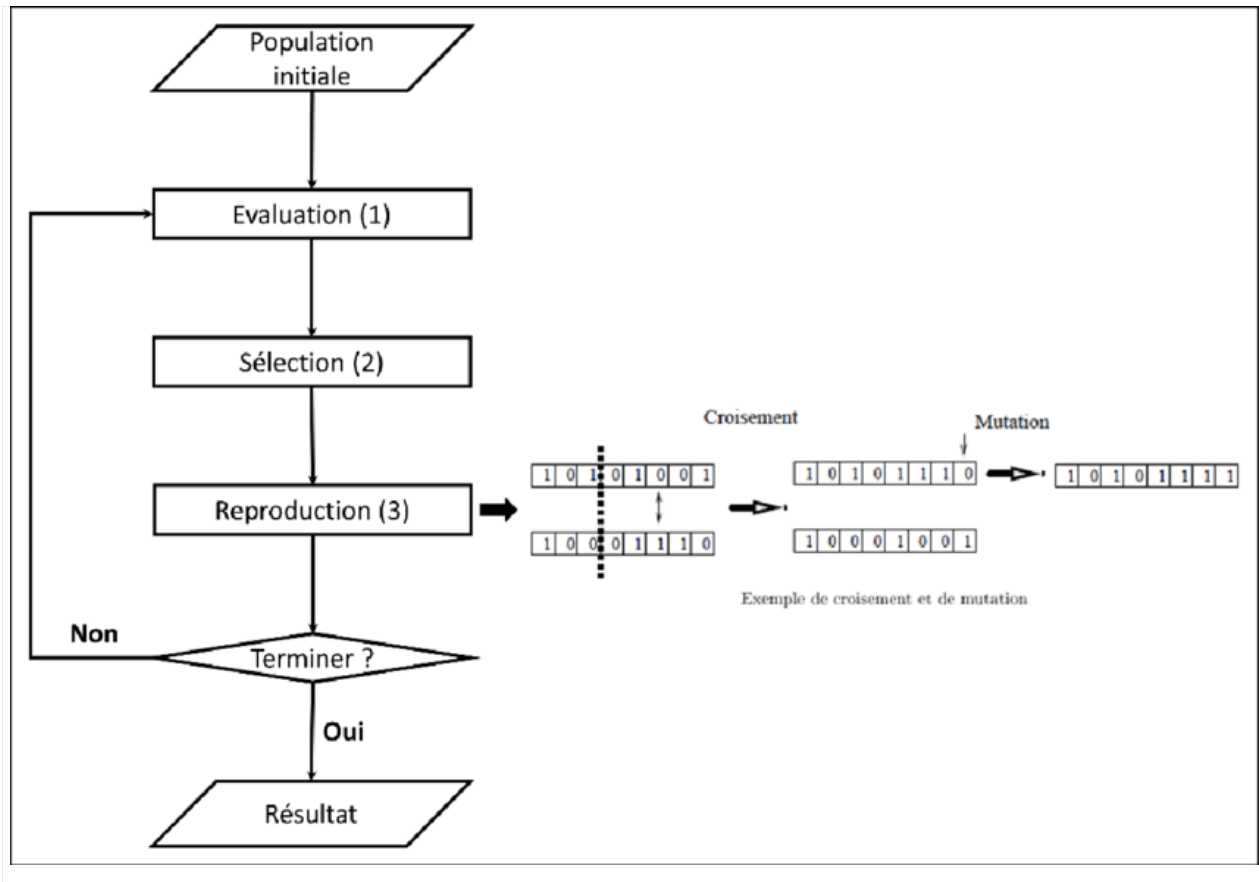


Figure 3.3 : Principe des algorithmes génétique.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le problème de la tournée des véhicules et le problème de la tournée des véhicules avec fenêtre, et nous avons exposé leurs formulations mathématiques de base.

Alors dans le prochain chapitre, nous introduisons notre approche adaptée pour résoudre ce problème.

Chapitre 04 :

Implémentation et Résultats Expérimentaux

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons brièvement le Framework Python utilisé pour implémenter notre expérience, donc pour exécuter notre algorithme, nous expliquons d'abord le langage de programmation python et ses caractéristiques techniques, puis nous montrerons l'implémentation de scratch et ses résultats.

1 Le but de travail :

Il s'agit d'utiliser la méthode heuristique pour résoudre le problème que le véhicule de tourisme possède une fenêtre temporelle. Sa fonction objectif est de minimiser les coûts de transport dans le temps et la distance. Elle consiste à visiter N clients en un minimum de temps, la distance d'un même client n'est pas parcourue deux fois et ils ne sont visités qu'à des intervalles de temps précis. Pour l'heuristique, nous avons choisi l'algorithme génétique.

2 Description de l'approche proposée:

Pour résoudre ce problème, nous avons choisi l'algorithme génétique comme algorithme heuristique. La motivation principale est les avantages suivants:

- Les algorithmes génétiques sont parmi les premières méthodes utilisées.
- Permet de traiter des espaces de recherches importants (beaucoup de solutions, pas de parcourt exhaustif envisagé).
- Relativité de qualité de la solution selon le degré de précision demandé.
- Ils sont simples à implémenter.
- Pour un nombre de solution important, les algorithmes génétiques permettent d'élimination les solutions non valides.
- Contraintes du problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps :

3 Environnement de développement :

3.1 Python :

Python est un langage de programmation interprété, multi-paradigme et multiplateformes. Il favorise la programmation impérative structurée, fonctionnelle et orientée objet. Il est doté d'un typage dynamique fort, d'une gestion automatique de la mémoire par ramasse-miettes et

d'un système de gestion d'exceptions ; il est ainsi similaire à Perl, Ruby, Schème, Small talk et Tcl.

Le langage Python est placé sous une licence libre proche de la licence BSD4 et fonctionne sur la plupart des plates-formes informatiques, des Smartphones aux ordinateurs centraux⁵, de Windows à Unix avec notamment GNU/Linux en passant par MacOS, ou encore Androïde, Ios, et peut aussi être traduit en Java ou .NET. Il est conçu pour optimiser la productivité des programmeurs en offrant des outils de haut niveau et une syntaxe simple à utiliser [39].

Il est également apprécié par certains pédagogues qui y trouvent un langage où la syntaxe, clairement séparée des mécanismes de bas niveau, permet une initiation aisée aux concepts de base de la programmation⁶.



Figure 4.1 : Logo Python[40].

3.2 La Python Software Fondation :

Python 2.1 est une version dérivée de Python 1.6.1 et de Python 2.0. Sa licence est renommée Python Software Fondation License. Tout code, documentation et spécification ajouté, depuis la sortie de Python 2.1 alpha, est détenu par la Python Software Fondation (PSF), une association sans but lucratif fondée en 2001, modelée d'après l'Apache Software Fondation.

Afin de réparer certains défauts du langage (par exemple l'orienté objet avec deux types de classes), et pour nettoyer la bibliothèque standard de ses éléments obsolètes et redondants,

Python a choisi de casser la compatibilité ascendante dans la nouvelle version majeure, Python 3.0, publié en décembre 2008. Cette version est rapidement suivie par une version 3.1 qui corrige les erreurs de jeunesse de la version 3.0.

3.3 L'outil PyCharm:

La complétion automatique de code.

- ♣ Le support pour fenêtres divisées.
- ♣ Éditeur de code HTML, CSS et JavaScript.
- ♣ Interface VCS pour Mercurial, Perforce,...
- ♣ Épurateur de code.
- ♣ Développement d'applications pour Google App Engine. [41]



Figure 4.2 : Logo Pycharm.

4 Environnement matériel:

Notre application va être réalisée sur une machine qui comporte les caractéristiques suivantes:

- Marque : Dell.
- Modèle : INSPIRON 15.
- Processeur : Intel(R) Core(TM) i5-2410M CPU @ 2.30GHz.
- Mémoire installée (RAM):12.00 Go.
- Type du système : Système d'exploitation 64bits.

- Système d'exploitation : Windows 10 édition professionnel.

5 Application console de vehicle routing problem with time windows VRPTW:

5.1 Guide d'utilisation de l'application:

Nous avons généré trois ensembles de problèmes. Leur conception met en évidence plusieurs facteurs qui affectent le comportement des algorithmes de routage et d'ordonnancement. Elles sont:

- Les données géographiques ;
- Le nombre de clients desservis par un véhicule ;
- Pourcentage de clients limités dans le temps ;
- Étanchéité et positionnement des fenêtres horaires.

6 Quelques tests sur l'implémentation:

➤ Test 01 :

Après l'exécution de l'instance, avec les paramètres suivants :

- MAX LIVRAISONS = 10
- VITESSE D'ENTRAÎNEMENT KM H= 20
- TEMPS PAR KM = 0.061
- TEMPS MAX PAR CAMION = 10

Nous obtiendrons alors le résultat suivant :

```
truck 9
sequence number 1 :474.0
sequence number 2 :277.0
sequence number 3 :302.0
sequence number 4 :265.0
sequence number 5 :31.0
sequence number 6 :243.0
sequence number 7 :152.0
sequence number 8 :154.0
sequence number 9 :187.0
sequence number 10 :238.0

truck 10
sequence number 1 :290.0

truck 11
sequence number 1 :143.0
sequence number 2 :418.0
sequence number 3 :490.0
sequence number 4 :362.0
sequence number 5 :432.0
sequence number 6 :15.0
sequence number 7 :95.0
sequence number 8 :288.0
sequence number 9 :346.0
```

Figure 4.3: 10_20_10.png

➤ **Test 02 :**

Après l'exécution de l'instance, avec les paramètres suivants :

- MAX LIVRAISONS = 20
- VITESSE D'ENTRAÎNEMENT KM H = 40
- TEMPS PAR KM = 0.061
- TEMPS MAX PAR CAMION = 16

Nous obtiendrons alors le résultat suivant :

```
truck 9
sequence number 1 :338.0
sequence number 2 :113.0
sequence number 3 :217.0
sequence number 4 :284.0
sequence number 5 :83.0
sequence number 6 :402.0

truck 10
sequence number 1 :175.0
sequence number 2 :255.0
sequence number 3 :407.0
sequence number 4 :419.0
sequence number 5 :237.0
sequence number 6 :318.0
sequence number 7 :273.0
sequence number 8 :168.0
sequence number 9 :303.0
sequence number 10 :322.0
sequence number 11 :146.0
sequence number 12 :146.0
sequence number 13 :146.0
sequence number 14 :146.0

truck 11
sequence number 1 :197.0
sequence number 2 :115.0
sequence number 3 :40.0
sequence number 4 :228.0
sequence number 5 :301.0
sequence number 6 :383.0
```

Figure 4.4 : 20_40_16.png

➤ **Test 03 :**

Après l'exécution de l'instance, avec les paramètres suivants :

- MAX LIVRAISONS = 5
- VITESSE D'ENTRAÎNEMENT KM H = 50
- TEMPS PAR KM = 0.061
- TEMPS MAX PAR CAMION = 25

Nous obtiendrons alors le résultat suivant :

```
truck 9
sequence number 1 :23.0
sequence number 2 :49.0
sequence number 3 :195.0
sequence number 4 :291.0
sequence number 5 :309.0

truck 10
sequence number 1 :329.0
sequence number 2 :341.0
sequence number 3 :394.0
sequence number 4 :411.0
sequence number 5 :457.0

truck 11
sequence number 1 :470.0
sequence number 2 :236.0
sequence number 3 :423.0
sequence number 4 :125.0
sequence number 5 :442.0
```

Figure 4.5 : 5_50_25.png

- MAX LIVRAISONS : c'est le nombre des emplacements des clients qui attendent la livraison de ses commandes.
- VITESSE D'ENTRAÎNEMENT : c'est la vitesse du camion , et elle est en relation avec :
 - la distance entre l'emplacement actuelle et l'emplacement du client suivant.
 - Le temps pris pour atteindre l'endroit souhaité.
- TEMPS PAR KM : c'est temps pris par un kilomètre, et ce facteur fixé dans notre exécution.
- TEMPS MAX PAR CAMION : c'est le pris par un seul camion pour livrer à toutes les biens qui lui sont confiées.

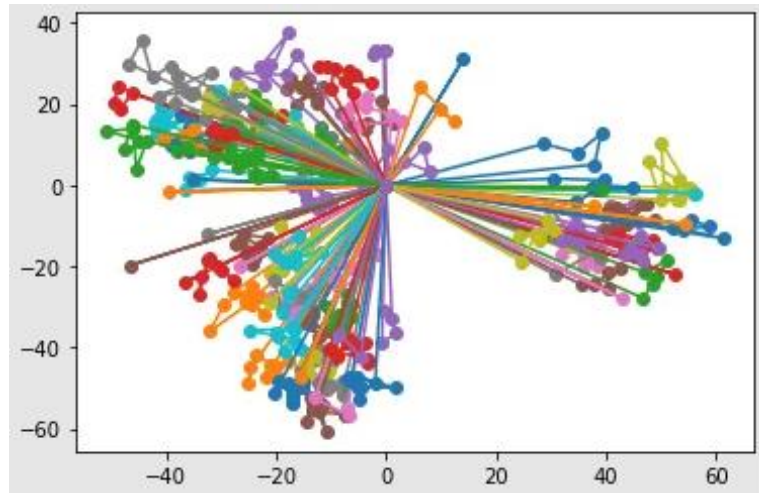


Figure 4.4 : Route Optimale

Donc, si le nombre de camions est augmenté le temps de livraison sera automatiquement minimisé, et la distance parcourue par un camion sera aussi minimisé.

Conclusion :

Dans le dernier chapitre, nous avons présenté le Framework développé pour avoir implémentée problème de tournées de véhicules avec fenêtres horaires expliqué dans la section précédente, Nous avons expliqué plus en détail les éléments les plus importants inclus dans notre application. Après nos recherches, nous avons constaté que la taille de la population et le nombre de générations ont un impact significatif sur les performances de l'algorithme, mais leurs valeurs doivent être étudiées en profondeur Choisissez le meilleur algorithme qui peut apporter plus de performance à l'algorithme génétique.

COUNCLUTION GENERAL

Dans notre travail, premièrement nous avons commencé par une présentation simple des concepts de base sur les Systèmes de production, les problèmes liées avec les systèmes de production. Nous avons également présenté les grands systèmes (système de distribution système de transport).

On a beaucoup de problèmes. Nous citons parmi eux le problème du transport où les usines doivent livrer les biens pour satisfaire leurs clients.

Pour enrichir ce travail, nous pouvons finalement ajouter des perspectives telles que :

- Notre travail nécessite des améliorations dans l'algorithme génétique
- La proposition de méthodes exactes pour la résolution de ce type de problème.
- Développée un autre programme traite toute les cas des problèmes

Importance de travail est le nombre de camions est augmenté le temps de livraison sera automatiquement minimisé, et la distance parcourue par un camion sera aussi minimisé.

Pour la solution de problème cité, Nous avons proposé notre approche pour résoudre le VRPTW principalement basé sur l'algorithme génétique, Pour le but de minimiser la route des véhicules et le temps de transport.

Référence

- [1] V. Giard, Gestion de la Production, 2ème édition, Economica, PARIS, 1988.
- [2] C. Sassine, Intégration des politiques de maintenance dans les systèmes de production. Thèse de doctorat soutenue à l'INP de Grenoble, France, 1998.
- [3] K .Mebarek, Utilisation des stratégies Méta-heuristiques pour l'ordonnancement des ateliers de type Job Shop, Magister, BATNA, 2008.
- [4]VACHER J. Ph, Un système adaptatif par agents avec utilisation des algorithmes génétiques multi-objectifs : Application à l'ordonnancement d'atelier de type job-shop $N \times M$, Thèse de Doctorat, Université de Havre, 2000.
- [5] BLONDEL F, Gestion de la production, 3ème édition, DUNOD, Paris 2004.
- [6] KEBABLA Mebarek, Utilisation des stratégies Métaheuristiques pour l'ordonnancement des ateliers de type Job Shop, Thèse de Magister, Université de Batna, 2008.
- [7]KEBABLAMebarek, Utilisation des stratégies Métaheuristiques pour l'ordonnancement des ateliers de type Job Shop, Thèse de Magister, Université de Batna, 2008.
- [8] F. Hahn, "La Gestion de Production MRP - JAT - OPT", SlideServe, 2022. [Online]. Available: <https://www.slideserve.com/fitzgerald-hahn/la-gestion-de-production-mrp-jat-opt>. [Accessed: 18- Jun- 2022].
- [9] DILMI Ramzi, Application de la programmation par contraintes au problème d'optimisation du plan du test logiciel, Diss, Université de M'sila, 2017.
- [10]HANNACHEAboubakr et LEMMOUIS Abdelhamid. Résolution d'un problème d'ordonnancement de type job shop avec contrainte de transport. Thèse de doctorat. Université de Tlemcen, 2016
- [11]VACHER J. Ph, Un système adaptatif par agents avec utilisation des algorithmes génétiques multi-objectifs : Application à l'ordonnancement d'atelier de type job-shop $N \times M$, Thèse de Doctorat, Université de Havre, 2000
- [12]A .Letouzey, Ordonnancement interactif basé sur des indicateurs : Applications à la gestion de commandes incertaines et à l'affectation des opérateurs, Doctorat, TOULOUSE, 2001.
- [13] G. Javel, Organisation et Gestion de la Production, 3ème édition, DUNOD, PARIS, 2004.

- [14] [14] "Pilotage de la production : les avantages des solutions APS", Blog.fr-techteam.com, 2022. [Online]. Available: <https://blog.fr-techteam.com/pilotage-de-la-production-avantages-entreprises-industrielles>.
- [15] P. Lopez et F. Roubellat, "Ordonnancement de la production". Ed. Hermes Science, 2001.
- [16] "Cours les objectifs de la gestion de production – Apprendre en ligne", Clicours.com. [Online]. Available: <https://www.clicours.com/cours-objectifs-de-la-gestion-de-production/>.
- [17]"Gestion de la production — Wikipédia", Fr.wikipedia.org, 2022. [Online]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_de_la_production.
- [18]A.Gherbouj, Méthodes de résolution de problèmes difficiles académiques, Thèse Doctorat en informatique, université Constantine, 2013.
- [19]trading, O., Forex, C., premières, M., broker, C., monnaie, C., importantes, Q., demandées, P., d'argent, T. and l'international, E., 2022. *Définition Système de production*. [online] Mataf. Availableat:<<https://www.mataf.net/fr/edu/glossaire/systeme-de-production>> [Accessed 8 April 2022].
- [20] Y. Bahmani, Optimisation multicritère de l'ordonnancement des activités de la production et de la maintenance intégrées dans un atelier Job Shop, Doctorat , BATNA –II , 2017.
- [21]"L'approvisionnement de matières - Search", Bing.com, 2022. [Online]. Available: <https://www.bing.com/search?q=L%E2%80%99approvisionnement+de+mati%C3%A8res&cvid=d437f6a665ba48da95b5e6df9a35fa33&aqs=edge..69i57.601j0j1&pplt=41&FORM=ANNTA1&PC=U531>.
- [22] MOUNIR, Mohamed ElhavedhOuld Ahmed, Contribution à la résolution du sac-à- dos à contraintes disjonctives. Thèse Doctorat en informatique, Université de Picardie Jules Verne, 2009.
- [23] MANCEL Catherine, modélisation et résolution de problèmes d'optimisation combinatoire issus d'applications spatiales, Thèse Doctorat en systèmes industriels, l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA), 2004.
- [24] BELHOUL Lyes, Résolution de problèmes d'optimisation combinatoire mono et multiobjectifs par énumération ordonnée. Diss. Université Paris Dauphine-Paris IX, 2014.
- [25]2022.[Online].Available:https://homepages.laas.fr/sungueve/Docs/PhD/These_SUNGUEVE_U_20062009.pd.

- [26] HANNACHE Aboubakr et LEMMOUIS Abdelhamid. Résolution d'un problème d'ordonnancement de type job shop avec contrainte de transport. Thèse de doctorat. Université de Tlemcen, 2016.
- [27]2022.[Online].Available:https://homepages.laas.fr/sungueve/Docs/PhD/These_SUNGUEVE_U_20062009.pdf.
- [29]BELHOUL Lyes, Résolution de problèmes d'optimisation combinatoire mono et multiobjectifs par énumération ordonnée. Diss. Université Paris Dauphine-Paris IX, 2014.
- [28] MEZIANE M. E. A., Optimisation par phases pour les problèmes d'ordonnancement des ateliers de type job-shop totalement flexibles, Mémoire Magister en sciences, Université d'Oran, Algérie, 2011.
- [29]. Dr.Lemouari Ali. Introduction aux Métaheuristique. s.l. : Support de Cours,Université de Jijel, 2014.
- [30]. C.Prodhon. Le problème de localisation-routage. France : Doctorat thèse,Université de technologie de Troyes, 2006.
- [31]. C.H. PAPANITRIOU, K. STEIGLITZ. Combinatorial optimization: algorithmsandcomplexity .s.l. : Prentice Hall, 1982.
- [32]Haiyan, H. O. U. S. R. O. U. M. Une approche génétique pour la résolution du problème VRPTW dynamique. s.l. : Doctoral dissertation, Université d'Artois, 2005.
- [33][Online].Available:https://www.researchgate.net/publication/349622267_Integrated_production-inventory-routing_problem_for_multi-perishable_products_under_uncertainty_by_meta-heuristic_algorithms.
- [33][Online].Available:https://www.researchgate.net/publication/349622267_Integrated_production-inventory-routing_problem_for_multi-perishable_products_under_uncertainty_by_meta-heuristic_algorithms.
- [34] G. Dantzig, R. Fulkerson, and S. Johnson. Solution of a large scale traveling salesman problem. Journal of the Operations Research Society of America, 2 :393–410, 1954.
- [35]2022.[Online].Available:https://homepages.laas.fr/sungueve/Docs/PhD/These_SUNGUEVE_U_20062009.pdf.
- [36]https://www.researchgate.net/profile/Mahmoud_Zennaki/publication/221551601/figure/download/fig3/AS:669182295281667@1536556900302/Le-probleme-des-tournees-de-vehicules-R-i-est-la-tournee-du-vehicule-i-representee-par.png.

- [37] ZHAO Xin, Une méthode génétique pour la résolution du problème dynamique de routage de véhicules avec temps de parcours variables, Thèse Doctorat en informatique. Université d'Artois, 2008.
- [38] Abdelaziz Benantar. Optimisation pour des problèmes industriels de tournées de véhicules : vers une transition énergétique. Autre [cs.OH]. Normandie Université, 2017.
- [39] "CS105: Introduction to Python | Saylor Academy", Saylor Academy, 2022. [Online]. Available: https://learn.saylor.org/course/view.php?id=439&gclid=Cj0KCQjw2MWVBhCQARIsAIjbwoNZ3t4WbYyvwEkkW6Sa8fbVQBxGQJSaBNmE4Nb8FEkFfmv1YI0KdK4aAlSIEALw_wcB.
- [40] Outils scientifiques & et de Data Science - Fonctionnalités | PyCharm", JetBrains.com, 2022. [Online]. Available: https://www.jetbrains.com/frfr/pycharm/features/scientific_tools.html#:~:text=PyCharm%20dispose%20de%20la%20prise,tableaux%20et%20bien%20plus%20encore.
- [41] *Upload.wikimedia.org*, 2022. [Online]. Available: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c3/Python-logo-notext.svg/800px-Python-logo-notext.svg.png>.

ملخص

يحتل التحسين التوافقي مكانا مهما للغاية في بحوث العمليات، الرياضيات وعلوم الكمبيوتر. إن مشكلة توجيه السيارة مع احترام الوقت المحدد (PTVFT) هي مشكلة تحسين توافق مع الإشكالية التالية: "ما هي المجموعة المثلى من المسارات ألسطول من المركبات من أجل التسليم إلى مجموعة معينة من العمال مع احترام مواعيد التسليم و العودة إلى المستودع عند الانتهاء؟ هدفنا في هذا العمل هو تقليل المسافة التي تقطعها المركبات و الوقت المستهلك بتطبيق الخوارزميات الجينية باستعمال لغة البرمجة "بايثون".

الكلمات المفتاحية: مشكلة توجيه السيارة مع احترام الوقت , TVFT التحسين , الخوارزميات الجينية Python .

Abstract

Combinatorial optimization occupies a very important place in operations research, discrete mathematics and computer science. The Vehicle Routing problem with time window (VRPTW) is a combinatorial optimization that answers: «What is the optimal set of routes for a fleet of vehicles to traverse in order to deliver to a given set of customers with respect delivery times and returning to the warehouse once completed»? Our goal in this work is to minimize the cost of distance traveled and the time spend, by applying genetic algorithms as heuristics and by using the "Python" programming language for coding.

Keywords: Vehicle routing problem with time window VRPTW, optimization, genetic algorithms, Python.

Résumé

L'optimisation combinatoire occupe une place très importante dans la recherche opérationnelle, en mathématiques discrètes et en informatique. Le problème de tournée de véhicule avec fenêtre de temps (PTVFT) est un problème avec la problématique : "Quel est l'ensemble optimal de routes à traverser afin de livrer à un ensemble donné de clients en respectant les délais de livraison et en retournant à l'entrepôt une fois terminé" ? L'objectif de ce travail est de minimiser le coût de distance parcourue ainsi le temps, en appliquant les algorithmes génétiques comme heuristique et en utilisant le langage de programmation "Python" pour le codage.

Mots-clés : Problème de tournée de véhicule avec fenêtre temps PTVFT, optimisation, algorithmes génétiques, Python.