

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ DE BLIDA 1
Faculté des Sciences
Département de Mathématique**



MEMOIRE DE MASTER

**Approche de coloration pour la gestion d'emploi
du temps**

Cas d'étude : École Technique de Sonelgaz de Blida

Spécialité : Recherche Opérationnelle

Réalisé par :

- M^{lle}Hendi Nihad
- M^{lle}Bouchakour Moussa Lamia

Devant le jury composé de :

M^{me} L.BETROUNI	Maître de conférences Université Blida1	Présidente.
M^{me} S.ARRACHE	Maître Assistante Université Blida1	Promotrice.
M^{me} A.GUEHAM	Maître de conférences Université Alger3	Examinatrice.

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

Il est de coutume de dire qu'une thèse n'est pas le fruit du seul travail de son auteur, mais le résultat de nombreuses et étroites collaborations, celle-ci ne déroge pas à la règle.

Nous remercions avant tout le bon dieu pour nous avoir donné le courage et la santé pour accomplir ce travail.

Ce travail a pu voir le jour avec énormément d'aide et encouragement des personnes autour de nous. Ce court remerciement ne sera pas suffisant pour récompenser leurs efforts mais tout de même ...

Qu'il nous soit permis de remercier Mme S. ARRACHE pour nous avoir dirigé tout le long de ce travail, pour ses nombreux conseils, son appui, son encouragement et surtout, d'avoir été à l'origine de notre découverte du monde de la recherche en nous transmettant ses connaissances en mathématique. Un grand merci.

Nous tenons aussi à remercier **Messoudi Ouchane** qui en tant qu'un coencadreur de mémoire pour l'assistance qu'il nous a apporté, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui ont accepté d'examiner notre mémoire

Enfin, que tous ceux qui nous ont aidés et encouragés de près ou de loin dans la concrétisation de ce travail, trouvent ici nos gratitude et nos sincères remerciements.

Dédicace

Avec mes sentiments de gratitude les plus profondes je dédie l'accomplissement de ce travail : Aux deux êtres qui me soutiennent plus dans ce monde, ma mère et mon père qui m'ont toujours encouragé et qui ont fait tout ce qui était dans leur capacité pour me prodiguer le meilleur dans mes études.

Que le bon dieu m'aide à être à la hauteur de leurs espérances

À ma sœur Assala

À ma tante Aicha

À mon frère Abed el Aziz

Pour leurs soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études

À mes chères amies :

Ahlem, Wessal, Nesrine et Amina

À mon ami Ikbal

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

À Mon cher binôme

Pour ses indéfectibles soutiens et sa patience infinie.

À tous nos professeurs pour leurs précieuses contributions

H.Nihad.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents, que nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments pour leur patience illimitée leur encouragement contenu leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices

Mes chères sœurs Asmaa, Sanaa et que leurs enfants

Mes grands-parents paternels et maternels

Mes oncles et mes tantes

Mes cousins et cousines

Mon binôme Nihade qui a partagé avec moi ce travail et à toute sa famille

Ma copine Ibtissame et sa famille

A mes professeurs de la faculté des sciences

B.Lamia.

Table des matières

Introduction générale	0
I Définitions et Généralités	4
I.1 Introduction	5
I.2 Présentation de l'école technique de Blida (ETB)	5
I.2.1 Les moyens pédagogiques	6
I.2.2 Les ressources humaines	6
I.2.3 Structures et missions	6
I.2.3.1 Le chargé d'hygiène sécurité et environnement :	7
I.2.3.2 Le chargé de sûreté interne de l'établissement :	7
I.2.3.3 Le chargé de l'informatique :	7
I.2.3.4 Le service gestion ressources humaines :	7
I.2.3.5 Le service commercial et relations clients :	8
I.2.3.6 Le centre de ressources :	8
I.2.3.7 La division logistique interne	8
I.2.3.8 Le département pédagogique et formation :	9
I.3 La planification d'horaires de travail	13
I.3.1 Qu'est-ce qu'un planning?	13
I.3.1.1 Différents types de plannings	14
I.3.2 C'est quoi un emploi du temps	15
I.4 Présentation du problème d'emploi du temps	15
I.4.1 Les domaines d'application	16
I.4.2 La complexité des problèmes d'emploi du temps	16
I.5 La formulation du problème d'emploi du temps	16
I.5.1 Les contraintes	17
I.6 Conclusion	17
II Etude et modélisation du problème	18
II.1 Introduction	19

II.2	La description de cas traité :	19
II.2.1	Partie de validation et de formation :	20
II.2.2	Partie de planification	21
II.3	Présentation des contraintes	22
II.3.1	Les contraintes dures	22
II.3.2	Les contraintes de préférence :	23
II.4	La modélisation mathématique :	23
II.5	Conclusion :	27
III Méthodes de résolution pour le problème de la Génération d'emplois du temps		28
III.1	Introduction	29
III.2	Les méthodes de résolution	29
III.2.1	Méthodes basée sur la théorie des graphes (la coloration)	30
III.2.1.1	Méthode à base de la programmation linéaire	31
III.2.2	Méthodes basées sur les méta-heuristiques	31
III.2.2.1	Les méthodes à base de voisinage	31
III.2.2.2	Les méthodes à base de population	33
III.3	Conclusion	35
IV Résoluion du problème		36
IV.1	introduction	37
IV.2	Coloration de graphes	37
IV.2.1	Coloration de sommets	38
IV.2.2	Coloration propre des arêtes	39
IV.2.3	Coloration totale	40
IV.2.4	Quelques types de coloration de sommets	41
IV.3	NP- complétude	44
IV.4	Description de l'approche de coloration par bloc :	44
IV.4.1	Construction d'un graphe orienté :	44
IV.4.2	construction des blocs :	45
IV.5	L'adaptation de l'approche de coloration par bloc pour la résolution de notre problème d'emploi du temps :	46
IV.5.1	Heuristique d'affectation :	48
IV.6	L'efficacité de l'approche de coloration par bloc :	51
IV.7	Exemple d'illustrations :	51
IV.8	Conclusion :	54

V Implémentation et résultats	55
V.1 Introduction	56
V.2 Le langage de codage	56
V.3 Description de notre logiciel :	56
V.4 Tests effectués	60
V.5 Les avantages de notre logiciel :	67
V.6 Conclusion	68
Conclusion générale	69
Annexe	71

Table des figures

I.1	École technique de Blida	5
I.2	Les infrastructures et Les moyens pédagogiques de l'ETB	7
II.1	Service Enseignement.	19
II.2	Service Enseignement.	20
II.3	Image représentative des charges des formateurs	21
II.4	Organisation de l'ETB	22
III.1	Classement des méthodes de résolution.	29
IV.1	Critères produisant une variété de types de coloration de graphes.	38
IV.2	Graphe 3-colorable.	38
IV.3	Graphe 3-colorable : classes de couleurs.	39
IV.4	coloration des arêtes	40
IV.5	coloration totale	41
IV.6	Coloration par liste.	42
IV.7	Dominance vs coloration	43
IV.8	Schéma représentatif de notre méthode de résolution.	47
IV.9	Graphe représentatif de la matrice d'adjacence.	52
IV.10	Graphe orienté.	52
IV.11	Construction des blocs	53
IV.12	Emploi du temps rassemble toutes les promotions	53
V.1	Figure repréntative de remplissage des données	57
V.2	Représentation des données.	58
V.3	La matrice d'adjacence	58
V.4	La matrice représentative de graphe orienté	58
V.5	Les blocs de couleurs	59
V.6	La matrice de disponibilité de formateurs.	59
V.7	Emploi du temps représentatif d'une promotion	60

V.8	Figure représentative de L'impression d'un emploi du temps.	60
-----	---	----

Liste des tableaux

II.1	Tableau représentatif de créneaux de la semaine.	23
II.2	Tableau représentatif de créneaux de week-end.	23
II.3	Tableau représentatif de cas embarrassant.	26
III.1	Tableau récapitulatif des travaux effectués dans la programmation linéaire	31
III.2	Tableau récapitulatif des travaux effectués dans le recuit simulé	32
III.3	Tableau récapitulatif des travaux effectués dans la recherche tabou	33
III.4	Tableau récapitulatif des travaux effectués dans les algorithmes génétiques	34
IV.1	Tableau récapitulatif des données.	47
IV.2	Tableau représentatif de l'horaire majeur des blocs	49
IV.3	Vecteur représentatif des données.	51
V.1	La représentation des jours de tp dans le code	59
V.2	Dispositif de formation de la promotion OPPIG	61
V.3	Dispositif de formation de la promotion OPGD	61
V.4	Dispositif de formation de la promotion OPIE	62
V.5	Dispositif de formation de la promotion IPI	62
V.6	Dispositif de formation de la promotion OPPII	63
V.7	Dispositif de formation de la promotion OPPIG/R(48)	63
V.8	Dispositif de formation de la promotion ED(80)	64
V.9	Dispositif de formation de la promotion ED(84)	64
V.10	Dispositif de formation de la promotion ED(90)	65
V.11	Dispositif de formation de la promotion ED(89)	65
V.12	Dispositif de formation de la promotion ED(47)	66
V.13	Dispositif de formation de la promotion ED(83)	66
V.14	Dispositif de formation de la promotion ED(82)	67

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Contexte

L'application des mathématiques dans divers domaines a connu un essor spectaculaire ces dernières décennies. Avec le développement prodigieux des ordinateurs, les mathématiques sont devenues incontournables en informatique, en théorie des jeux, dans les problèmes de décision et dans la plupart des sciences, vu qu'elles s'occupent de l'étude de structures algébriques ou combinatoires finies. La recherche opérationnelle est une branche des mathématiques centrées sur l'activité de décision. Cette discipline est définie comme étant l'approche scientifique des problèmes complexes rencontrés dans la direction et la gestion de grands systèmes.

La théorie des graphes constitue une classe très importante des mathématiques discrètes. Elle représente l'un des instruments le plus courant et le plus efficace pour la résolution des problèmes de la recherche opérationnelle, elle représente un outil très puissant pour schématiser les modèles des liens et relations entre les objets. Historiquement, cette théorie prend ses racines des travaux d'Euler au 18ème siècle, qui avait pour but l'étude du problème des ponts de Königsberg (actuellement Kaliningrad). Par ailleurs, elle s'est considérablement développée, pour devenir une théorie incontournable permettant la résolution de nombreux problèmes dans tous les domaines notamment la biologie, la physique, l'informatique, etc. De plus, elle offre des solutions aux nombreux problèmes qui surgissent même dans notre vie quotidienne tels que le problème de la planification.

Le problème de planification du temps est bien connu comme un problème NP-complet. Autrement dit, aucun des algorithmes existants n'est capable de résoudre à lui seul toutes les instances du problème dans un temps polynômial. Ce problème est omniprésent dans tous les aspects pratiques de la société moderne. Il joue un rôle très important dans plusieurs types d'organisation tels que les hôpitaux, les sociétés de transports, les services de protection et les services pédagogique.

La production d'un emploi du temps dans le domaine pédagogique peut être considérée à la fois comme un problème de team building, puisqu'elle consiste à regrouper des ressources (étudiants, enseignants, cours) et comme un problème d'affectation puisqu'il s'agit aussi de programmer les ressources dans le temps. La gestion d'emploi du temps dans le domaine pédagogique est très importante. En effet un mauvais emploi du temps influe directement et négativement sur le niveau de l'acquisition des étudiants. Sa réalisation manuelle est très difficile et consomme de nombreuses ressources humaines, d'où financières. Ainsi, c'est un travail épuisant et chronophage.

Ce présent travail s'est focalisé sur l'étude, la modélisation et la résolution d'un pro-

blème d'emploi du temps dans le domaine pédagogique, une tâche qui nous a été proposée par l'école technique de sonelgaz de Blida. Le processus de confection d'emploi du temps au niveau de cette école doit être réalisé d'une façon hebdomadaire, tout en respectant les contraintes posées par les gestionnaires de cette école. Notre mission consiste à développer une solution mathématique et informatique palliative aux inconvénients et aux défaillances du système actuel.

Problématique

Nos objectifs se résument comme suit :

- Optimiser le nombre de pénalités posées sur chaque contrainte violée .
- développer un logiciel permettant l'affectation automatique et la création d'un planning personnalisé pour chaque promotion.
- Veiller à ce que ce planning soit équitable et équilibré pour un meilleur rendement.

En raison de la taille considérable des paramètres inhérents au problème posé, la résolution mathématique par les méthodes exactes se révèle non applicable. De ce fait, le recours vers des méthodes de résolution approchées s'avère une alternative indispensable. Ainsi, nous avons opté pour une approche de coloration des sommets d'un graphe qui sont souvent très fiables dans la résolution des problèmes d'affectation de grande dimension, en l'occurrence, la méthode de coloration par bloc. Pour notre problème, l'application de cette Méthode génère une solution partielle. Ainsi, l'élaboration d'une solution complète, qui va prendre en charge toutes les contraintes, exige l'addition d'une nouvelle heuristique dans l'algorithme de base, que nous avons nommée heuristique d'affectation .

organisation du document :

Le présent mémoire sera organisé autour de cinq chapitres :

- Le premier chapitre se veut, une présentation générale de l'école technique de « sonelgaz », objet de notre étude. Certains concepts liés à notre étude y seront également définis.
- Nous aborderons dans le second chapitre la problématique, en l'occurrence, la planification d'horaires de travail, selon les contraintes établies au sein de l'école. Nous procéderons ensuite à la modélisation mathématique du problème.
- Dans le troisième chapitre, nous passons en revue les différentes méthodes utilisées pour résoudre le problème d'emploi du temps dans le domaine pédagogique.
- Dans dans le quatrième chapitre, nous présenterons la méthode de résolution que nous avons choisie en l'occurrence, la méthode de « coloration par bloc » CPBH,

et nous exposerons la méthodologie développée notée CPB, basée sur la méthode de « coloration par bloc » et notre heuristique d'affectation.

- Enfin, le cinquième chapitre sera consacré à la description de notre logiciel « timetable planner », que nous avons réalisé pour mettre en œuvre la solution développée. On trouvera en annexe les différents documents réalisés.

Chapitre I

DÉFINITIONS ET GÉNÉRALITÉS

I.1 Introduction

La gestion du temps est d'une importance capitale dans une entreprise, elle permet de planifier les processings et les différentes tâches au sein d'une équipe et aide à identifier les priorités et les cas d'urgences. Il s'agit aussi d'une notion primordiale que ce soit dans la vie privée ou dans le cadre du travail.

I.2 Présentation de l'école technique de Blida (ETB)



Figure I.1 — École technique de Blida

L'école technique de Blida (ETB), d'une superficie de 13 hectares est située au centre de la ville de Blida. Elle dispose d'un cadre d'apprentissage adapté à sa mission grâce à : Ses infrastructures et aires d'entraînement pédagogiques équipées d'installations électriques et gazières, conformes à celles de l'exploitation et aux normes internationales ; la disponibilité de conditions de prises en charge complète pour les apprenants, et son accessibilité. Créée en 1949 par EGA (électricité et gaz d'Algérie), ETB est aujourd'hui une école de renom. Elle a conservé sa mission première : former dans les métiers de l'électricité et du gaz. Ses domaines de formation : Les principaux domaines couverts par la formation sont :

- La production de l'électricité.
- Le transport et la distribution de l'électricité.
- Le transport et la distribution du gaz par canalisation.
- La sécurité liée aux métiers de l'électricité et du gaz.
- Les énergies nouvelles et renouvelables (EnR) à partir de 2011.

I.2.1 Les moyens pédagogiques

L'ETB offre un environnement stimulant et propice à l'apprentissage. L'école technique de Blida a une capacité d'accueil de 800 places pédagogiques. Organisée pour dispenser des formations orientées métiers, l'école dispose d'infrastructures dédiées aux formations aux métiers de base dont 25 ateliers spécialisés, avec aires d'entraînement, assurant la réalisation des travaux pratiques et permettant aux stagiaires d'acquérir les gestes professionnels, dans le strict respect des procédures de travail et des règles de sécurité, avec les moyens matériels nécessaires et des conditions similaires au milieu de travail.

I.2.2 Les ressources humaines

Le personnel est composé de 138 agents recrutés dont 43 formateurs permanents aussi, il est à rappeler que le vivier formateurs de l'école technique de Blida est constitué d'un total de 670, formateurs vacataires dont :

- 437 Formateurs externe du groupe sonelgaz soit 65%.
- 233 Formateurs interne du groupe soit 35%.

I.2.3 Structures et missions

L'école technique de Blida (ETB) a pour missions de concevoir et de réaliser des actions de formation et de perfectionnement aux métiers techniques.

Assistant qualité pédagogique (AQP) a pour mission de veiller à la conformité de la mise en œuvre des processus pédagogiques, d'apporter un soutien au personnel enseignant et d'accompagner les structures pédagogiques de l'école pour l'atteinte des objectifs escomptés.

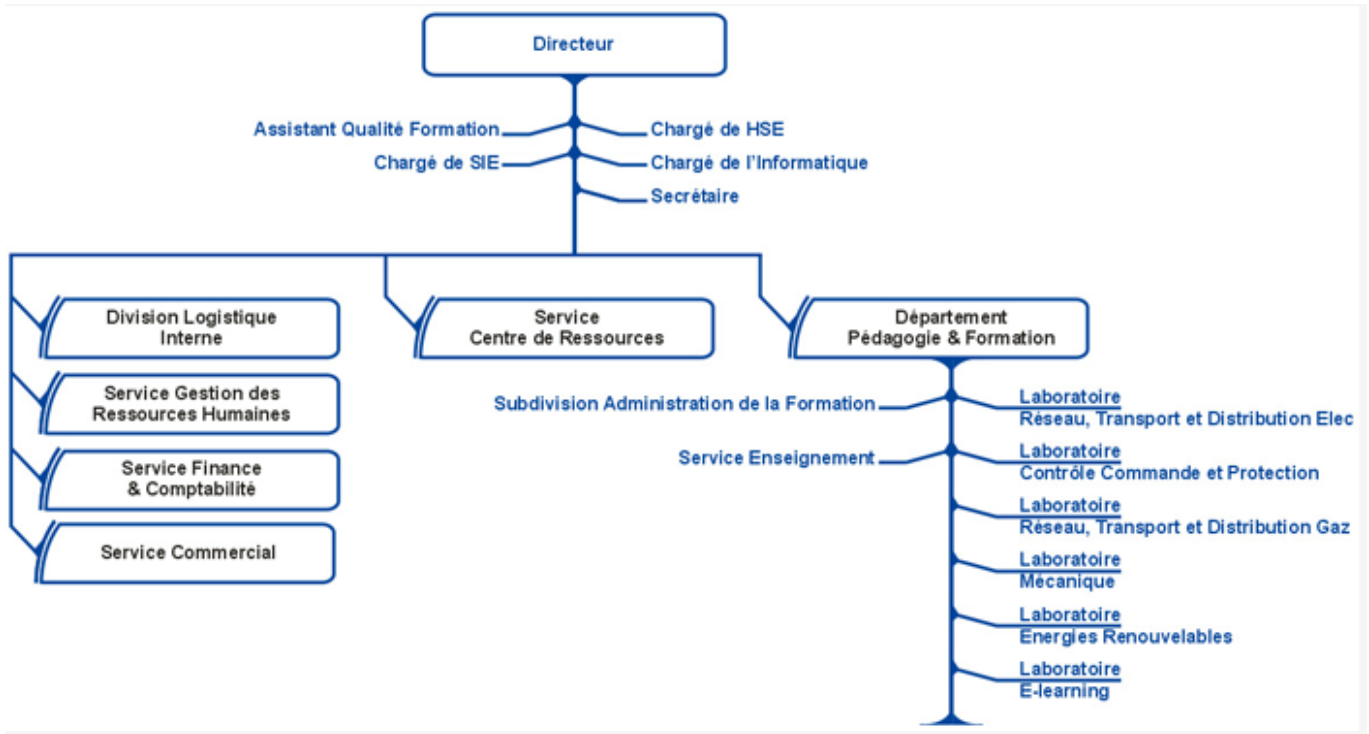


Figure I.2 — Les infrastructures et les moyens pédagogiques de l'ETB

I.2.3.1 Le chargé d'hygiène sécurité et environnement :

Est chargé de garantir aux travailleurs et aux stagiaires les conditions d'hygiène, de sécurité, d'environnement et de protection contre les risques professionnels.

I.2.3.2 Le chargé de sûreté interne de l'établissement :

Est chargé de suivre en permanence la situation de la sûreté interne de l'école.

I.2.3.3 Le chargé de l'informatique :

Doit maintenir un système d'information fiable et intégrée de gestion et mettre à disposition des utilisateurs des ressources informatiques communes.

I.2.3.4 Le service gestion ressources humaines :

- Assurer la concordance des comptes et les travaux de clôture de l'exercice.
- Assurer le règlement des factures inhérentes aux dépenses de fonctionnement, d'équipement et de gros entretien de l'école.
- Gérer la trésorerie et les comptes bancaires et CCP affectés à l'école.
- Assurer la tenue de la comptabilité générale et analytique de l'ensemble des opérations de dépenses et recettes du centre.

- Animer le processus budgétaire au niveau de l'école.
- Veiller à l'application de la réglementation des marchés au niveau de l'école et animer les commissions prévues.

I.2.3.5 Le service commercial et relations clients :

- Établir les facturations des prestations de l'école.
- Assurer et suivre le recouvrement des créances d'école.
- Établir des états périodiques de réalisation et assurer le reporting.
- Constituer et gérer le fichier clients.
- Préparer et transmettre les programmes de formation aux clients.
- Réception et prise en charge des bons de commande des clients.

I.2.3.6 Le centre de ressources :

A pour missions de mettre à la disposition des stagiaires et des équipes pédagogiques les ressources et les services nécessaires pour la réalisation et l'amélioration de leurs activités pédagogiques et pour leur développement personnel.

I.2.3.7 La division logistique interne

Assure toutes les activités supports nécessaires à la réalisation de l'activité principale de l'école.

1. La subdivision Accueil (Agent accueil internat et pédagogie)

Elle a pour missions de :

- Accueillir, orienter et prendre en charge les stagiaires et séminaristes selon le programme hebdomadaire et les listes prévisionnelles des inscrits.
- Enregistrer et dispatcher la liste des stagiaires à recevoir à toutes les parties concernées (pédagogie, internat, ...).
- Assurer les formalités de prise en charge des stagiaires (remises des badges, dotations pédagogiques, affectation de la chambre, remise des clés...).
- Assurer l'interface avec la restauration (petit déjeuner, déjeuner, dîner), l'hébergement et la pédagogie.
- Assurer l'interface avec les prestataires de lingerie (lavage et changement de linge et effets de travail des stagiaires).
- Mettre en place un système d'information de l'activité accueil des stagiaires.
- Assurer la gestion de l'activité internat.

2. La subdivision approvisionnement et moyens généraux

- Activité appros :
 - Assurer l'approvisionnement en fournitures et matériels (dossiers pré qualification, consultations, . . .).
 - Gérer les stocks de fournitures, matériels. . .
 - Préparer les dossiers investissement.
 - Assurer la gestion des magasins.
- Activité moyens généraux :

I Gérer les affaires générales

- Gestion du standard et du bureau d'ordre.
- Gestion du courrier et des tableaux d'affichage.
- Gestion des relationnels (réservation d'hôtels/billetterie. . .).
- Gestion et suivi des utilités communes (gardiennage/entretien).
- Réalisation des travaux courants d'entretien.

II Assurer la gestion du parc véhiculé

- Réaliser les prestations véhicules pour les structures internes.
- Gérer et suivre le carburant.
- Gérer et suivre les carnets de bords .
- Réaliser les opérations d'entretien curatif courant.
- Gérer le patrimoine (infrastructures et mobilier)

III Suivre les opérations d'entretien préventif de 1 er degré

- Gérer les infrastructures pédagogiques et administratives du centre.
- Gérer l'internat.

I.2.3.8 Le département pédagogique et formation :

Le département a pour missions de :

- Mettre en œuvre le programme de formation des sociétés du groupe dans les conditions requises de qualité, de délai et de coût.
- Assurer les plans de charge de chacun des laboratoires et services y afférents.
- Veiller à la bonne marche des structures laboratoires.
- Veiller à une utilisation optimale des ressources humaines et matérielles de la structure.
- Établir les tableaux de bord et bilans d'activités périodiques de la structure et en assurer le reporting.
- Veiller au maintien et au développement des compétences et de l'expertise du personnel

- Assurer la veille pédagogique (sur les pratiques, les méthodes et outils pédagogiques...) et technologique.
- Veiller à l'entretien et au développement des moyens et infrastructures pédagogiques.

A. Les laboratoires :

- Encadrer une ou plusieurs spécialités à vocation professionnelle.
- Assister les clients dans l'expression de leurs besoins.
- Assurer l'ingénierie des actions de formation.
- Mettre en œuvre les actions de formation a travers :
 - La prospection du recrutement des formateurs et leur affectation.
 - L'affectation des installations pédagogiques.
 - La supervision de la préparation des dossiers d'animation par les formateurs.
 - Assurer la réalisation des enseignements.
 - L'élaboration des épreuves d'évaluation avec les formateurs.
 - La participation aux jurys de fin de formation et à l'évaluation des formations.
- Assurer l'encadrement du personnel du laboratoire et veiller au développement de leurs compétences.
- Assurer la capitalisation des connaissances de la RH du laboratoire.
- Veiller à l'entretien et au développement des moyens et infrastructures pédagogiques.
- Écoute/client d'après-vente : à travers le dispositif de traitement systématique des réclamations clients et par les enquêtes de satisfaction réalisées auprès de ces derniers à l'achèvement de chaque action de formation.
- Veille du marché aval et tenue à jour du fichier/ clients de l'école.
- Assurer la prospection de marchés et de nouveaux clients, par différents leviers (techniques marketing, démarchage de proximité ...) proposer et développer de nouveaux produits et assurer leur diffusion.

L'école comporte 7 laboratoires qui sont :

Le laboratoire courant fort

Prenant en charge tous les domaines de formation relevant des métiers du transport et de la distribution de l'électricité (il intègre les travaux sous tension).

Le laboratoire courant faible

Prenant en charge tous les domaines de formation relevant des métiers de contrôle commande et protection de l'électricité.

Le laboratoire gaz

Prenant en charge tous les domaines de formation relevant des métiers du transport et distribution du gaz.

Le laboratoire mécanique

Prenant en charge les domaines de formation relevant de la production et particulièrement des machines tournantes.

Le laboratoire des énergies renouvelables

Prenant en charge les domaines de formation relevant des énergies renouvelables.

Le service enseignement général

Prenant en charge tous les domaines de formation relevant des domaines communs et prestations spécifiques (math, informatique, dessin industriel, éducation physique. . .).

Le laboratoire learning

Chargé de développer les plateformes de formation à distance dans des domaines ciblés.

A.1 Activité ingénierie formation (responsable session formation)

- Assurer prise en charge et l'interprétation des besoins en formation des clients.
- Réaliser le montage du programme de formation adapté aux besoins identifiés, précisant toutes les conditions pédagogiques de la formation.
- Établir les conventions et contrats de formation.
- Assurer le suivi de la mise en œuvre de la formation.
- Organiser les jurys de fin de formation.
- Assurer l'évaluation globale de l'action de formation, l'élaboration du rapport d'évaluation de la formation et la définition des actions correctives ou d'amélioration.
- Proposer de nouveaux produits.
- Introduire et développer de nouvelles méthodes d'enseignement.

A.2 Le service enseignement général

- Mettre à la disposition des laboratoires les compétences nécessaires aux enseignements dans le domaine des activités transverses ou d'enseignement général.
- Assurer la prospection pour le recrutement de formateurs vacataires.
- Participer à l'élaboration des fiches de progression avec les formateurs.

- Suivre la préparation des dossiers d'animation par les formateurs.
- Laboration des épreuves d'évaluation avec les formateurs.
- Assurer la mise à disposition des moyens matériels (PC, Data show, CD, DVD, logiciel, applications de gestion ...) ainsi que l'entretien et la maintenance des équipements des salles informatiques.
- Assurer la gestion des formateurs vacataires.
- Assurer la gestion et la mise à jour de la base de données des formateurs.

A.2.1 Les formateurs

- Participer avec le chargé de l'ingénierie à l'élaboration du contenu des modules de formation qui relèvent de leur spécialité respective.
- Élaborer les fiches de progression du cours.
- Préparer les dossiers d'animation : contenus de cours, des exercices pratiques...
- Dispenser le cours (théorique ou pratique).
- Élaborer les épreuves d'évaluation.
- Renseigner les bulletins (note et moyenne) à la fin de chaque phase avec appréciation du stagiaire.
- Élaborer la fiche d'évaluation de la promotion pour le conseil de classe et les jurys de fin de formation.
- Participer aux conseils et aux jurys.
- Assurer l'entretien et la maintenance des ateliers et des équipements.
- Réaliser l'inventaire des ateliers mis sous leur responsabilité.
- Solliciter la hiérarchie pour la mise à disposition du matériel, outillage et matière d'œuvre.
- Proposer des actions de développement des installations pédagogiques.
- Proposer des actions de développement des enseignements dans leur spécialité à travers une veille technologique.

B. Subdivision administration de la formation

- Accueillir les stagiaires au plan pédagogique (états de présence, désignation de délégué, tenue de cahiers de texte,...).
- Planification de la formation : Établir les supports de formation (charges d'enseignements, emplois du temps des formateurs permanents et vacataires, calendrier des visites techniques, fiche de synthèse pour les conseils de classe, et jury..).

- Suivre la programmation des enseignements (prévu/réalisé).
- Établir les attestations de succès et de stage.
- Tenir les dossiers des stagiaires.
- Tenir les archives pédagogiques.
- Alimenter et maintenir la base de données formation.
- Assurer le reporting (formation, stagiaires).
- Éditer les états de paiement des formateurs vacataires.

I.3 La planification d'horaires de travail

La planification d'horaires de travail est un processus très complexe, qui vise à organiser des activités humaines (principalement de travail) dans le temps et à optimiser l'utilisation des ressources, de façon à couvrir un besoin exprimé par une charge de travail prévisionnelle sous diverses contraintes. Elle aboutit à des programmes définissant les horaires de travail et de repos de la force de travail.

Parmi la vaste famille des problèmes de planification d'horaire, on trouve celui de la confection d'emploi du temps.

I.3.1 Qu'est-ce qu'un planning ?

Les plannings : sont des calendriers de travail, où figure à la fois le temps, l'affectation du personnel, les jours et les horaires de travail, et les congés et repos, ils peuvent être utilisés pour planifier les horaires de présences du personnel ou les tâches effectuées par le personnel :

- Planning des horaires de présence : ce type de planning est utilisé pour prévoir les horaires de présence du personnel sans préciser les tâches journalières à effectuer soit pour des raisons de sécurité, soit pour une meilleure souplesse.
- Planning des tâches : ce type de planning est utilisé dans les entreprises à haute technicité, comportant plusieurs métiers et compétences distincts, où il est souhaitable d'affecter le personnel en fonction des tâches. Ce qui exige une décomposition fine des opérations et le repérage des tâches que chaque personne est capable d'accomplir.

Les plannings peuvent être journaliers (spécifiant les pauses et périodes de travail de la journée de chaque employé), hebdomadaires (utilisés pour une paie hebdomadaire), mensuels (utilisés pour le calcul des coûts pour les besoins de la paie mensuelle) ou annuels (permettant de gérer les congés annuels des employés).

Selon leur spécificité et les branches d'activités concernées, les plannings portent diffé-

rents noms :

- Un planning spécifiant les programmes de travail de chaque employé nominativement sur un horizon (un intervalle de temps où un planning est élaboré) d'un mois est appelé tableau de service.
- Lorsque le planning représente les programmes de travail et de repos non nominatifs sur un nombre entier de semaines, on parle de grille de travail.

Certains plannings sont cycliques, s'ils reflètent une certaine périodicité des horaires individuels c'est-à-dire si au bout d'une durée D (mesurée généralement en semaine), le salarié retrouve son planning de départ, autrement, ils sont dits acycliques c'est-à-dire ils sont différents chaque semaine.[13]

I.3.1.1 Différents types de plannings

Dans la construction de plannings d'horaires de travail, créer un planning optimisé d'une journée est aisé, mais créer un bon planning pour un mois ou une année est beaucoup plus complexe, en plus de la complexité combinatoire du problème, il faut tenir compte de la diversité des contraintes applicables et qui sont souvent contradictoires. Dans ce qui suit, nous définirons les différents types de planning

Types de plannings dans le domaine de la santé

Les plannings dans les domaines de la santé sont des calendriers de travail où figurent à la fois le temps, et l'affectation des personnels (jours et horaires de travail, congés et repos). Ils sont établis au niveau de chaque équipe, ils sont à la fois une tâche, un document d'organisation du travail, et un élément contribuant à la gestion administrative du personnel.

Cette tâche est parmi les plus difficiles et les plus délicates. Difficile parce qu'elle repose sur la recherche de solutions combinatoire, répond à des contraintes multiples

Types de plannings dans le domaine de transport

Le transport est une activité complexe qui fait intervenir des investissements lourds, du personnel qualifié et une informatique très coûteuse, En effet, dans le transport routier, il est toujours nécessaire de gérer aux mieux les ressources existantes en optimisant les investissements

Types de plannings dans le domaine de la pédagogie

La confection d'horaires (ou confection d'emploi du temps) dans les établissements scolaires est un travail très important, difficile à réaliser, c'est typiquement un problème de résolution de contraintes, NP-difficile, dont la solution n'est pas, a priori connue dans le cas général. Pour fournir une solution, nécessite d'être capable de s'adapter aux changements dynamiques de l'environnement en tenant compte de la diversité des contraintes telles que :

- L'interdépendance des programmes
- L'interdépendance d'enseignement.
- La multitude des matières étudiées et les contraintes sur ces matières.
- La durée des cours.
- Les contraintes de disponibilité des enseignants.
- La disponibilité limitée des salles..

C'est un problème qui peut être défini comme un problème qui fait assigner quelques évènements dans un nombre limité de périodes, il peut être divisé en deux catégories principales.

- La confection d'horaires des cours.
- La confection d'horaires des examens.

Ces problèmes sont soumis à beaucoup de contraintes qui sont d'habitude divisées en deux catégories :

- Les contraintes dures
- Les contraintes souples

Parmi tous les types de plannings cités, c'est sur les plannings pédagogiques que nous allons porter notre intérêt, et plus particulièrement sur les plannings où l'emploi du temps des cours de l'école technique de sonelgaz de Blida.[6]

I.3.2 C'est quoi un emploi du temps

L'emploi du temps est un plan représentatif définissant le temps nécessaire pour élaborer des tâches et des objectifs fixés préalablement sous forme de créneaux horaires. Il consiste à gérer les charges de travail dans le temps tout en prenant en compte des ressources humaines et matérielles disponibles.[7]

I.4 Présentation du problème d'emploi du temps

Le problème d'emploi du temps consiste en l'affectation d'un ensemble des tâches a un ensemble de ressources sur des périodes de temps bien précises soumettant à un ensemble

de contraintes à respecter.

Une tâche est un travail élémentaire dont la réalisation nécessite un certain nombre d'unités de temps (sa durée) et d'unités de chaque ressource, une ressource est un moyen technique ou humain, dont la disponibilité limitée ou non est connu a priori.

Le problème d'emploi du temps consiste à définir un certain nombre d'affectations qui permettent d'assigner plusieurs ressources sur une période fixe de temps. Il s'adresse habituellement aux organisations où un ensemble des tâches doivent être accomplies par un ensemble d'employés ayant leurs propres qualifications contraintes et préférences.

Les contraintes considérées peuvent différer d'un problème à un autre. Suivant la spécificité ainsi que les caractéristiques attendues de l'emploi du temps recherchées ces contraintes sont souvent classées en deux catégories la 1^{ère} regroupe les contraintes dures, la 2^{ème} catégorie regroupe des contraintes souples (de préférence) ces contraintes de préférence sont utilisées pour exprimer ce que doit être un bon emploi du temps. Ces dernières sont plus difficiles à formaliser que les contraintes dures et leur traitement est plus délicat.

I.4.1 Les domaines d'application

Le problème de l'emploi du temps se pose en général dans tous les secteurs : économiques, industriels, administratifs, les établissements scolaires, les instituts, les universités, les entreprises.[7]

I.4.2 La complexité des problèmes d'emploi du temps

Le problème de l'emploi du temps est NP complet, c'est un problème d'optimisation combinatoire très difficile à résoudre. Car une solution au problème est représentable par un ensemble de propriétés. Le but est d'atteindre la meilleure combinaison de ces propriétés. Une autre cause de complexité du problème est le volume du problème. Aussi l'estimation du degré de satisfaction des contraintes de préférence est souvent difficile à formuler. En plus du fait qu'elles peuvent être parfois contradictoire.

I.5 La formulation du problème d'emploi du temps

La formulation du problème d'emploi du temps est basée sur trois composants :

- **Notion de composant** : Elle est définie par un ensemble composé d'enseignants de salles de laboratoires. Ce sont tous les éléments que l'on cherche à affecter et à ordonner.
- **Notion de périodes** : C'est l'ensemble fini d'heures ou périodes de temps.
- **Notion de disponibilités** : Elles sont définies par un ensemble décrivant pour

chaque composant les sous ensemble d'heures durant lesquelles il est libre disponible ou qualifié pour participer à une séance.

La donnée de composants de périodes et de disponibilités déterminent la notion de séance chaque séance est décrite alors par une collection de composants compatibles ensemble avec le nombre d'heures exigées.[7]

I.5.1 Les contraintes

L'affectation des enseignants aux enseignements suppose que les périodes sont disponibles à cette fin. Une période consiste en la donnée d'un local à un créneau horaire donné, d'un jour donné.

Les contraintes " locaux " : pour toute période, le nombre d'affectations enseignants-enseignements ne doit pas excéder le nombre de locaux disponibles.

Les contraintes sur les enseignants : l'enseignant ne peut assurer deux unités pédagogiques en une même période. De plus, chaque enseignant doit avoir sa charge horaire, c'est un volume horaire hebdomadaire requis réglementairement, devant être respecté et ne peut être dépassé qu'avec son consentement.

Les contraintes sur les enseignements

Deux types de contraintes sont à considérer :

- Deux unités pédagogiques ne doivent pas avoir le même enseignant à la même période.
- Deux unités pédagogiques ne doivent pas être affectées dans le même local à la même période.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par une présentation de l'école technique de sonelgaz de Blida, ses moyen pédagogique, les ressources humaines et ses structures et missions. nous avons également donné la définition d'un planning et parmi tous les types de planning cités , on s'est focalisé sur les planning pédagogique au niveau de l'école technique sonelgaz. nous avons aussi détaillé les divers problèmes liés à l'emploi du temps, indiqué comment formuler le probleme d'emploi du temps.

Chapitre II

ETUDE ET MODÉLISATION DU PROBLÈME

II.1 Introduction

L'accomplissement des emplois du temps au niveau des établissements constitue un problème ardu dont la réalisation à la main et représente une tâche draconienne qui peut mobiliser plusieurs personnes tant de jours de travail.

Dans le but d'accélérer cette opération on compte établir notre savoir-faire dans la recherche opérationnelle et informatique en induisons l'idée d'assister par l'ordinateur l'élaboration des emplois du temps en adoptant des outils basés sur des algorithmes d'optimisation. De manière générale le problème des emplois du temps consiste à définir un certain nombre d'affectation qui permet d'assigner plusieurs ressources (humaines, matérielles) tout en respectant les contraintes imposées dans le régime de travail.

II.2 La description de cas traité :

Dans le cadre de notre étude on s'intéresse au problème de la gestion d'emploi du temps dans le domaine pédagogique au niveau de l'école technique Sonelgaz.

Cette dernière reçoit un nombre considérable de promotions par année. Chaque promotion compte des phases qui varient d'une promotion à une autre. La phase est constituée, à son tour, de plusieurs semaines qui respectent un emploi du temps hebdomadaire fixe de 40 heures. Ces derniers sont divisés proportionnellement selon un nombre de modules théorique et pratique variables, cette procédure est illustrée par le schéma ci-dessous :

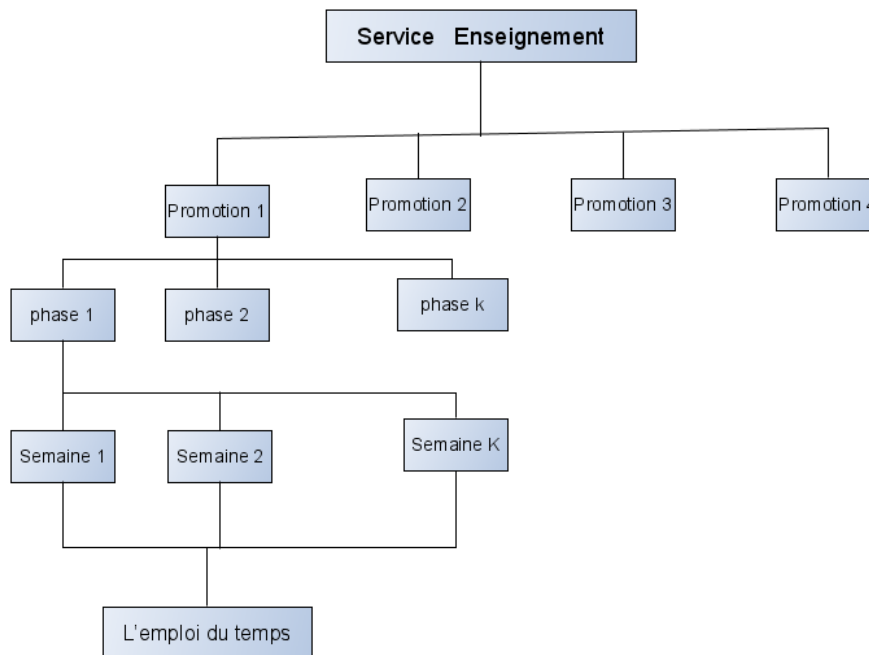


Figure II.1 — Service Enseignement

Pour parvenir à effectuer les emplois du temps traités par le planificateur, son travail

passer par les phases suivantes :

II.2.1 Partie de validation et de formation :

L'opération s'entame en premier lieu, par la détection des phases achevées (changement d'emploi du temps) qui sont indiquées par la lettre « E » mentionnée dans l'application informatique nommée chronogramme -illustrée dans la figure ci-dessous - qui stocke des dispositifs de formation consistant l'enveloppe horaire de chaque phase remplie par chaque responsable de promotion, afin de repérer les emplois du temps à renouveler la semaine suivante (ultérieure).

A	C	D	G	H	I	J	K	L	M	N
			Sept				Oct			
Promos	Du	Au	06	13	20	27	04	11	18	25
TPI(11)	23/12/18	19/11/20				E				
TI(14)	23/12/18	19/11/20					E			
ED(84)	14/07/19	12/11/20			E					E
ED(85)	01/09/19	03/12/20					E			E
ED(86)	08/09/19	10/12/20				E				E
ED(87)	22/09/19	10/12/20					E			E
ED(88)	13/10/19	17/12/20				E			E	E
ED(89)	27/10/19	11/02/21			E					
TCA (01 NT/)	27/10/19	22/10/20								
ED(90)	10/11/19	25/02/21				E				
TPI(12)	01/12/19	02/09/21	@	@	@					
TI(15)	01/12/19	02/09/21	@	@	@					
TPCh(08)	29/12/19	25/02/21								
OPPIG/R(46)	19/01/20	29/10/20								

Figure II.2 — Application chronogramme

- L'axe horizontal : Composé de la 1ère ligne qui indique les mois et la 2ème ligne indique les fins de semaines liées à chaque mois.
- L'axe vertical : Représente le responsable de promotion.
- Les couleurs : Représentent les différents types de laboratoire.

En deuxième lieu, le planificateur va libérer les charges horaires de chaque formateur déjà affecté à des phases achavées. Ce processus s'applique sur un fichier Excel - illustrée dans la figure ci-dessous - qui contient la charge horaire hebdomadaire de chaque formateur.

4	JOURS	SAMEDI				DIMANCHE				LUNDI				MARDI			
5	SEANCES	1S	2S	3S	4S	1S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	
6	M. ALAMI																
7	M. ABDALLAH																
8	M. AZZOUNI																
9	M. BARSIA																
10	M. BELAID																
11	M. BENGUERDI																
12	M. BENIDIR					GTE 3				GTE 3							
13	M. BENKEBAILI					ED89 TP				ED89 TP				ED90 TP			
14	M. BENMEDDAH					ED89 TP				ED89 TP				ED87 TP			
15	Mlle. BENSALAM					ED83 TST/BT				ED83 TST/BT				ED83 IG/CET			
16	M. BERRAHAL																
17	M. BESSAOUD												ED87 TP				
18	M. BOUDEMAGH					REGLES DE SECU EDIV SS				REGLES DE SECU EDIV SS				REGLES DE SECU EDIV SS			
19	M. BOUHADDA					ED85								ED86			
20	M. BOUHADJA					ED85				ED87				GTE 3			
21	M. BOUKEMIA									SECU ELEC OPE							
22	M. BOUYAT					ED84 TP				ED86 TP				ED88			

Figure II.3 — Image représentative des charges des formateurs

- L'axe horizontale : Représente les jours d'une semaine.
- L'axe verticale : Représente un ensemble des formateurs.
- Les couleurs : Représente les horaires occupés.

En dernier lieu, le planificateur recueille l'ensemble de découpage horaire de chaque promotion représentative dans la figure ci-dessous réalisé par chaque responsable de promotion.

II.2.2 Partie de planification

Là où il entame la planification d'un emploi du temps en évitant tout Chevauchement qui peut se poser au niveau des formateurs ou bien des salles, on prend en considération les heures libres des formateurs.

Promotion : Ouvrier Professionnel Petite Intervention Gaz

Effectif : 12

DUREE DE FORMATION : Du 23/02/20 au 25/06/2020

Période : Phase 1 : Du 06/09/20 au 08/10/2020

Responsable : Mme. MEHDI

OPPIG/R (48) (G2)

SALLE : G 2

	8h10 -> 09h50	10h00 -> 11h40	13h00 -> 14h40	14h50 -> 16h30
Dimanche	ETUDE		SECOURISME M.BENSAADALLAH	LEGISLATION Mme. RAMDANI
Lundi	G1 M. ZEEROUK	TP TUBE CUIVRE	G1 M. AMRANI K	TP PE
	G2 M. AMRANI K	TP PE	G2 M. ZEEROUK	TP TUBE CUIVRE
Mardi	TECHNO GAZ M. GOUDJILI		TECHNIQUES D'EXPRESSION M. BOUCHENAF	
Mercredi	COMMUNICATION ET RELATION CLIENTELE M. KLOUCHI		CARTOGRAPHIE GAZ M. MENACER	ETUDE
Jeudi	TECHNO GAZ M. GOUDJILI		PROCEDURE ET DOCUMENTS & ETUDE ET CHIFFRAGE M. MAKHLEF	

Figure II.4 — Exemple d'un emploi du temps

II.3 Présentation des contraintes

La résolution de problème d'emploi du temps requiert la satisfaction de deux types de contrainte : contrainte dure et contrainte de préférence

II.3.1 Les contraintes dures

Ce type de contraintes doit être obligatoirement satisfait dans toutes les situations car la violation de l'une de ces contraintes rend l'emploi du temps inefficace dans la réalité. On distingue dans notre cas huit contraintes dures :

- Deux séances d'une même promotion ne peuvent pas être planifiées sur le même créneau ;
- Un formateur ne peut pas être affecté à deux séances différentes au même créneau ;
- Un formateur (permanent, vacataire) doit être disponible dans les créneaux où on désire le programmer ;
- Un formateur ne peut pas être affecté à deux séances différentes d'un même créneau c ;
- On évite d'accorder une charge de 8 heures à un formateur dans la journée ;
- Les séances de sport ne doivent pas être affectées dans le même jour que les séances de TP.

II.3.2 Les contraintes de préférence :

Contrairement au type de contraintes précédent, les contraintes de préférences n'exigent pas la vérification stricte, mais d'approcher au maximum l'objectif voulu. Dans notre cas, on distingue :

- Il est préférable de programmer un formateur vacataire toute la journée.
- Il est préférable d'éviter aux formateurs (permanent et vacataire) des pertes de temps (heures creuses) par de trop longs espacements entre deux séances d'une même journée.
- Il est préférable de ne pas affecté les formateurs pendant les jours de fin de semaine.

II.4 La modélisation mathématique :

A l'issue de la présentation descriptive du problème d'emploi du temps posé par l'école technique de « Sonelgaz », nous exposerons ultérieurement la modélisation du problème en question.

• Les données :

- Nf : le nombre de formateurs.
- NFP : le nombre de formateurs permanents.
- NFV : le nombre de formateurs vacataires.
- NM : le nombre de matières.
- NC : le nombre de créneaux.
- TP : ensemble de matières de travaux pratiques.
- S : sport.
- **créneau** : 2 heures.

Dimanche				Lundi				Mardi				Mercredi				jeudi			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Table II.1 — Tableau représentatif de créneaux de la semaine.

vendredi				samdi			
21	22	23	24	25	26	27	28

Table II.2 — Tableau représentatif de créneaux de week-end.

- **Les variables :**

On définit la variable bivalente suivante qui dépend de matière, de créneau et de formateur.

$$X_{ijc} = \begin{cases} 1 & \text{Si la matière } j \text{ est affectée au formateur } i \text{ pendant le créneau } c . \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

- **Les contraintes :**

Dans ce problème nous disposons de plusieurs types de contraintes : contraintes de disponibilité, contraintes de respect de nombre d'heures exigées, contrainte des créneaux et contrainte de décalage.

Prenons en considération tour à tour chacune de ces contraintes.

- **Les contraintes dures :**

- **La disponibilité des formateurs**

- Un formateur ne peut être affecté à plus d'une séance dans le créneau

$$\sum_{i=1}^{NF} X_{ijc} \leq 1 \quad \forall i \in NF$$

Dans notre cas d'étude on a deux types de formateurs : les formateurs permanents et les formateurs vacataires.

1) **Pour les formateurs permanents**

- Il ne doit pas dépasser 24heures de travail par semaine suivant la législation du travail c'est-à-dire 12 créneaux où chaque créneau dure 2h.

$$\sum_{c=1}^{Nc} X_{ijc} \leq 12 \quad \forall c \in NC$$

- Nous évitons d'accorder une charge de 8 heures à un formateur dans la journée

$$\sum_{c=k}^{k+3} X_{ijK} \leq 4 \quad \forall C \in \{1, 5, 9, 13, 17, 21, 25\}$$

L'ensemble de l'indice C représente le premier créneau de chaque journée et le chiffre 3 indique la fin de la journée. Donc, l'addition du chiffre 3 au créneau c indique qu'on a touché tous les créneaux de la même journée.

- Il doit être disponible dans les créneaux où il est programmé. Afin d'éviter tout chevauchement dans le cas où le formateur est déjà affecté dans d'autres emplois du temps d'une nouvelle phase ou bien des phases précédentes, on teste sa disponibilité.

$$DispX_{ijc} = \begin{cases} 0 & \text{Si le formateur } i \text{ de matiere } j \text{ disponible au créneau } c \\ 1 & \text{Sinon} \end{cases}$$

2) Pour les formateurs vacataires

- Il doit être disponible dans les créneaux où il est programmé. Car il peut être occupé pendant une telle journée pour assurer d'autres fonctions ou bien il est déjà programmé pour des séances des phases précédentes ou pendant la semaine en cours.

$$DispX_{ijc} = \begin{cases} 0 & \text{Si le formateur } i \text{ de matiere } j \text{ disponible au créneau } c \\ 1 & \text{Sinon} \end{cases}$$

• Contrainte des créneaux :

- Cette contrainte impose que les séances de sport ne doivent pas être affectées dans le même jour que les séances de TP (travaux pratiques).

$$Disponible \sum_{c=k}^{k+3} X_{ijc} = \begin{cases} 1 & \text{Si la matière } i \text{ est affecté à la journée qui} \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

$$Disponible \sum_{c=k}^{k+3} X_{ijc} = 1 \quad \forall i \in TP \implies Disponible \sum_{c=k}^{k+3} X_{ijc} = 0 \quad \forall i \in S$$

On pose une fonction booléenne qui teste l'existence de la séance de TP (travaux pratique) dans la journée. Si elle a lieu, l'affectation de la séance de sport sera annulée.

• **Les contraintes de préférences :**

- Il est préférable de programmer un formateur vacataire toute la journée.

$$\sum_{c=k}^{k+3} X_{ijc} = 4 \quad \in \{1, 5, 9, 13, 17, 21, 25\}$$

- il est préférable de ne pas affecté les formateurs pendant les jours de fin de semaine.

$$\sum_{i=1}^{NF} \sum_{c=21}^{28} X_{ijc} = 0 \quad \forall i \in NF$$

- Il est préférable d'éviter aux formateurs (permanent et vacataire) des pertes de temps (heures creuses) par de trop longs espacements entre deux séances d'une même journée.

$$\sum_{c=k}^{k+3} (X_{ijk} + X_{ijk+1}) \geq 3 \quad \forall C \in \{1, 5, 9, 13, 17, 21, 25\}$$

Pour chaque formateur nous faisons la somme de deux créneaux consécutifs de la même journée. Au cas où le résultat est supérieur ou égale à 3, donc on est dans le cas préférable. Sinon, on tombe dans le cas ambrassent.

- **Exemple de cas embarrassant :**

matin		après-midi	
1	0	0	1

Table II.3 — Tableau représentatif de cas embarrassant.

$$\sum_{c=1}^3 (X_{ijc} + X_{ijc+1}) = (X_{ij1} + X_{ij2}) + (X_{ij2} + X_{ij3}) + (X_{ij3} + X_{ij4}) = (1+0) + (0+0) + (0+1) = 2$$

• **La fonction odjectif :**

Nous cherchons à minimiser les pénaltys posés sur chaque contrainte violée (non respectée).

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n W_i V_i$$

$$\text{avec } \left\{ \begin{array}{l} W_i : \text{Poids de pénalty de contrainte violée.} \\ V_i : \text{Le nombre des contraintes violées (non respectée).} \\ n : \text{Le nombre totale des contraintes.} \end{array} \right.$$

II.5 Conclusion :

Durant l'étude de l'existant, nous avons pu recenser toutes les informations nécessaires et indispensables pour pouvoir appliquer les méthodes de la recherche opérationnelle qui vont être illustrées dans les chapitres ultérieures.

Chapitre III

MÉTHODES DE RÉOLUTION POUR LE PROBLÈME DE LA GÉNÉRATION D'EMPLOIS DU TEMPS

III.1 Introduction

La gestion des emplois du temps consiste à affecter un ensemble d'objet à un ensemble de ressource dans l'espace de temps en satisfaisant un ensemble de contraintes. Dans ce chapitre nous détaillant quelques méthodes qui ont été proposées pour la résolution de ces problèmes.

III.2 Les méthodes de résolution

Un très grand nombre de méthodes approchées de résolution existent en recherche opérationnelle pour résoudre ce problème. Ces méthodes ne procurent pas forcément une solution optimale, mais seulement une bonne solution (de qualité raisonnable) en un temps de calcul aussi faible que possible. Dans la suite on va citer quelques approches et méthodes de résolutions.

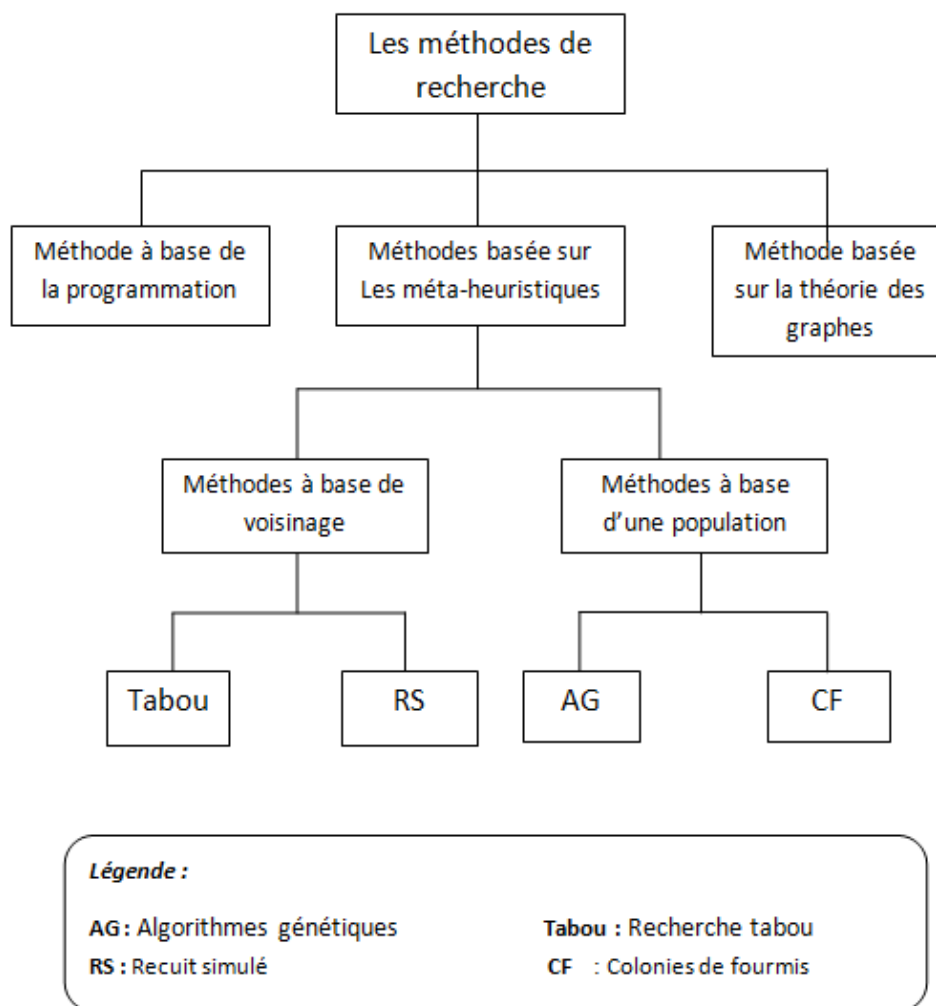


Figure III.1 — Classement des méthodes de résolution

III.2.1 Méthodes basée sur la théorie des graphes (la coloration)

La première définition du problème d'horaire a été introduite par Gotlib (1963) sous la forme de trois ensembles d'enseignants, les salles et les créneaux d'horaires.

Le premier problème d'horaire a été résolu par un problème de coloration de graphique (Welsh Powell, 1967) Cependant, cette méthode présentée n'était pas en mesure de résoudre les problèmes lorsqu'il y avait des sessions pré-attribuées.

De Werra (1985) décrit la méthode de coloration des graphes pour modéliser un problème d'horaire en utilisant un graphe non orienté. Le but est de couler le graphe en utilisant un nombre minimum des couleurs. Où aucun sommet (nœud) adjacent n'a la même couleur. Dans le problème d'horaire basé sur la théorie de la coloration des graphes, les événements, les contraintes (de préférence les contraintes dures) et les intervalles de temps sont considérés comme des nœuds, des arêtes et des couleurs, respectivement. Les nœuds colorés équivalent au nombre de créneaux horaires. Ainsi, nous pouvons programmer les événements dans un créneau horaire en un jour Ce en utilisant cette coloration en d'autres termes, si deux nœuds adjacents ont la même couleur, alors un conflit de temps se produira.

Cependant, Selim (1988) a introduit l'idée de sommets de graphe séparés pour réduire le nombre chromatique de graphes et l'a appliquée à des élèves séparés. Ici, la séparation d'un sommet est similaire à la séparation des étudiants dans un cours.

La méthode de coloration des bords d'un graphique en deux parties a également été menée par Hafizah et Zaidah (2010) afin de réduire le nombre de pénalités et de créer des horaires de haute qualité par rapport aux horaires manuels. L'ordonnancement des salles de classe a également été réalisé en utilisant la méthode de coloration de graphes de Dandashi et Al-Mouhamed (2010) où les sommets et les arêtes représentent respectivement les cours et les étudiants communs, et le but est de présenter une approche (heuristique) afin de :

- (1) Promouvoir la répartition uniforme des parcours sur les couleurs.
- (2) Equilibrer le nombre de parcours pour chaque tranche horaire sur les salles existantes.

Une autre approche hybride pour résoudre le problème d'emploi du temps utilisant la coloration génétique a été proposée par Asham, Soliman et Ramadan (2011) où cette méthode réduit le coût de recherche du moins de couleurs requises pour colorer un graphique. Nous pouvons conclure que la théorie de la coloration des graphes pourrait effectuer une implémentation du problème et générer des calendriers sans conflit[3]

III.2.1.1 Méthode à base de la programmation linéaire

La programmation linéaire est un outil très puissant de la recherche opérationnelle. C'est un outil générique qui peut résoudre un grand nombre de problèmes. Une fois le problème est modélisé sous la forme d'équations linéaires, des méthodes assurent sa résolution de manière exacte.[5]

Num.	Auteur	Méthode
1	s.daskalaki et al.En 2004	PLNE : Programmation linéaire en nombre entiers il a ajouté des possibilités telles que : -Des variables multidimensionnelles intégrant plus de détails du problème. -Une fonction de cout concernant certaines préférences comme les jours, les salles les périodes de temps ... résultant plus de flexibilités au système.[5]

Table III.1 — Tableau récapitulatif des travaux effectués dans la programmation linéaire

III.2.2 Méthodes basées sur les méta-heuristiques

Les méta-heuristiques forment un ensemble des méthodes utilisées en recherche opérationnelle et en intelligence artificielle pour résoudre des problèmes d'optimisation réputés difficiles. Une méta-heuristique est un ensemble de concepts qui permettent de construire des méthodes approchées pour plusieurs problèmes différents. En d'autres termes, une méta-heuristique peut être vue comme un cadre algorithmique général qui peut être appliqué à différents problèmes avec peu de modifications pour les adapter à un problème spécifique.

III.2.2.1 Les méthodes à base de voisinage

Voici quelques méthodes à base de voisinage (séquentielle) :

- Recuit simulé : Cette méthode est la plus adaptée aux problèmes d'optimisation de grandes tailles, donc sa base est d'introduire en optimisation un paramètre de contrôle qui joue le rôle de la température [12]. Utilisation de la méthode recuit simulé pour les problèmes d'emploi du temps :

Num.	Auteur	Méthode
1	Sara ceschia et al.En 2011	RS : Recuit simulé Il choisi d'utiliser la version probabiliste du recuit simulé pour la construction de sa solution.[5] -A chaque itération du processus de recherche un voisin sera de manière aléatoire. -Ajoutant une fonction de cout permettant de guider la recherche et de signaler la violation des contraintes.

Table III.2 — Tableau récapitulatif des travaux effectués dans le recuit simulé

- Recherche tabou : La méthode Tabou a été développée par Glover [BEN 08] et indépendamment par Hansen [D.E89]. Cette méthode fait appel à un ensemble de règles et de mécanismes généraux pour guider la recherche de manière intelligente à travers l'espace des solutions. Contrairement au recuit simulé qui génère aléatoirement une seule solution voisine $s' \in N(s)$ à chaque itération, la méthode Tabou examine un échantillon de solutions de $N(s)$ et retient la meilleure s' , même si s' est plus mauvaise que s .

La recherche Tabou ne s'arrête donc pas au premier optimum trouvé, mais elle peut entraîner des cycles, par exemple un cycle de longueur 2 : $s \rightarrow s' \rightarrow s \rightarrow s' \dots$ etc. Pour empêcher ce type de cycle, on mémorise les k dernières configurations visitées dans une mémoire à court terme et on interdit tout mouvement qui conduit à une de ces configurations. Cette mémoire est appelée la liste tabou qui est une des composantes essentielles de cette méthode. Elle permet d'éviter tous les cycles de longueur inférieure ou égale à k . La valeur de k dépend du problème à résoudre et peut éventuellement évoluer au cours de la recherche.[4]

Utilisation de la recherche tabou pour les problèmes d'emploi du temps.

Num.	Auteur	Méthode
1	Zhipeng Lii et al.En 2008	<p>Il a exploré l'espace de recherche du problème en passant par trois phases constructives :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Une phase d'initialisation qui permet de construire un emploi du temps initiale en utilisant l'heuristique "greedy" -Une phase d'intensification dont l'exécution de l'algorithme de la recherche tabou. -Une phase finale de diversification qui permet de réduire le nombre de violation des contraintes.[5]
2	Schaerf	<p>A utilisé cette technique pour résoudre le problème. Il a employé le codage matriciel $M_{i,j}$ qui contient le nom de la classe du professeur i à la période j. Les voisinages proposés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Échanger deux cours pour un même professeur. -Déplacer un cours à une autre période. <p>Pour des instances de tailles moyennes, il a été démontré que les résultats obtenus ont été encourageants. [6]</p>

Table III.3 — Tableau récapitulatif des travaux effectués dans la recherche tabou

III.2.2.2 Les méthodes à base de population

Voici quelques méthodes à base de population :

- L'algorithme génétique : Est un algorithme de recherche basé sur les mécanismes de sélection naturelle et de la génétique. Il combine une stratégie de survie des plus forts avec un échange d'information aléatoire mais structuré. Pour un problème pour lequel une solution est inconnue, un ensemble de solutions possibles est créé aléatoirement.

Les algorithmes génétiques qui sont un sous-ensemble basés sur les étapes suivantes :

- a) Générer la population initiale.
- b) Evaluer la population générée en utilisant la fonction d'évaluation.
- c) Sélectionner certaines personnes comme parents à croiser en fonction sur les informations obtenues à partir des fonctions d'évaluation.
- d) Appliquer l'opérateur de croisement pour produire des enfants. e) Appliquer l'opérateur de mutation pour les enfants.
- f) Sélectionner les parents et les enfants pour former la nouvelle population pour la

génération future.

- g) Si la condition de terminaison est satisfait, l’algorithme s’arrête sinon il passe à la deuxième étape et continue (Obit, 2010).

Utilisation des algorithmes génétique pour les problèmes d’emploi du temps :

Num.	Auteur	Méthode
1	A.O adewumi et al.En 2008	AG : Algorithme génétique - Chaque chromosome est considéré comme un emploi du temps d’une salle - Chaque gène dans le chromosome contient des informations sur les différents cours qui sont programmés dans cette salle pour des périodes de temps bien précises. - Ajoutant une fonction dévaluation pour mesurer le degré de violation des contraintes dures et pour la détermination du nombre des erreurs de compilation.[3]
2	Khonggamnerd et Innet (2009)	Ont utilisé un algorithme génétique pour trier les horaires d’une université où le taux de croisement était de 70 cependant, aucune contrainte dure n’a été violée dans la planification [3]
3	Alsmadi, Abo-Hammour (2011)	Ont proposé une nouvelle algorithme génétique pour résoudre le problème d’emploi du temps qui utilise une machine d’apprentissage. Les résultats de cette technique sont de minimiser le nombre de contraintes souples violées, de maximiser l’utilisation des salles disponibles et de réduire la charge de travail des enseignants.

Table III.4 — Tableau récapitulatif des travaux effectués dans les algorithmes génétiques

- Les colonies de fourmis : Les algorithmes de colonies de fourmis sont nés à la suite d’une constatation : les insectes sociaux en général, et les fourmis en particulier, résolvent naturellement des problèmes relativement complexes. Les biologistes ont étudié comment les fourmis arrivent à résoudre collectivement des problèmes trop complexes pour un seul individu, notamment les problèmes de choix lors de l’exploitation de source de nourriture.[3]

Cette méthode s’est inspirée du comportement des fourmis pour trouver un itinéraire

entre le lieu du formier et la nourriture. Les fourmis se déplacent toujours au hasard pour trouver de la nourriture, puis elles placent une trace de phéromone. D'autres fourmis trouvent cette route, la suivent et si elles atteignent la nourriture, elles rentrent chez elles et placent une piste en plus de la piste précédente.[?]

L'emploi du temps avec les colonies de fourmis :

Utilisation du système de fourmi Max-Min pour générer l'horaire des cours universitaires par Socha et al. (2002) a conduit à la construction d'un chemin optimal où chaque chemin pourrait générer un graphique constructif pour attribuer des cours à des intervalles de temps affectés par la quantité de phéromone dans une plage. Cependant, l'application de l'algorithme d'optimisation des colonies de fourmis par Mayer, Nothegger, Chwatal et Raidl (2008) pour le problème L'EPT a été post-inscrite selon le jeu de données ITC-2007 où les fourmis attribuent des événements aux salles et aux intervalles de temps en fonction de deux types de phéromone Ts_{ij} et Ty_{ij} . Cet algorithme a de bonnes performances et conduit à de bons résultats avec un temps d'exécution élevé. L'application d'un système hybride de colonies de fourmis a été proposée par Ayob et Jaradat (2009) pour résoudre le problème L'EPT. Ici, deux types de système de fourmi hybride, y compris une combinaison d'hybridation simulée avec colonie de fourmis et de recherche tabu avec AC ont été présentés. Un certain nombre de fourmis effectuent l'attribution complète des cours aux intervalles de temps sur la base d'une liste prédéfinie. La sélection des probabilités d'intervalles de temps par les fourmis pour allouer des cours a été effectuée en utilisant des informations heuristiques et des informations d'un mécanisme de coordination indirecte entre les agents et les activités dans un environnement.[3]

III.3 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons détaillé les travaux de recherche les plus connus dans le domaine d'ordonnancement des tâches, ainsi que les méthodes les plus utilisées pour le problème d'emploi du temps.

Ces méthodes constituent une classe des méthodes adaptable à très grand nombre de problèmes d'optimisation combinatoire et d'affectation sous contraintes. Elles permettent de trouver des solutions de bonne qualité en un temps d'exécution limité pour des problèmes réel de grande taille.

Chapitre IV

RÉSOLUTION DU PROBLÈME

IV.1 introduction

Ce chapitre est réservé à la description de la méthode de résolution à savoir l'approche de coloration par bloc, ainsi que son adaptation, tout en précisant les différentes améliorations effectuées dans cette méthode afin de fournir une bonne solution pour la résolution de notre problème.

IV.2 Coloration de graphes

Dans la théorie des graphes, plusieurs problèmes théoriques sont d'une grande importance, ils ont été introduits afin de fournir des solutions pour des problèmes. Par exemple, un certain nombre de problèmes concernent l'analyse et l'étude de la structure de graphe (topologie), propriétés et ses caractérisations de fournir des preuves mathématiques, des théorèmes et des résultats.

D'autres problèmes de la théorie des graphes qui ont reçu plus d'attention dans la littérature sont ceux qui visent à trouver des bornes inférieures ou supérieures pour de nombreux invariants de graphes sous certaines contraintes. Le calcul de telles bornes réfère évidemment à l'optimisation combinatoire.

En effet, l'optimisation combinatoire est l'étude mathématique des problèmes qui cherchent des valeurs minimales ou maximales dans un ensemble discret de solutions faisables. Actuellement, plusieurs problèmes de la théorie des graphes ont été abordés en tant que problèmes d'optimisation combinatoire.

La coloration de graphes est un domaine très attractif de l'optimisation combinatoire et de la théorie de graphes. Il consiste à colorer les sommets du graphe avec un nombre minimum de couleurs sous quelques contraintes.

Depuis ses origines qui avaient pour but la résolution du problème des quatre couleurs, de multitude de façons de coloration ont été introduites pour faire face à un nombre plus grand de problèmes. On peut colorer différents éléments d'un graphe (les sommets, les arêtes ou bien une combinaison de ces éléments) en respectant certaines contraintes et minimisant certaines fonctions objectifs.

En fait, la contrainte la plus commune est celle de la **propreté** : deux **éléments** voisins doivent recevoir des couleurs différentes. Outre cette contrainte, d'autres restrictions, liées à la nature des problèmes à résoudre, peuvent même être imposées. La considération de telles contraintes mène à de nouvelles variantes de coloration convenablement adaptées aux problèmes en question. Commenant tout d'abord, par présenter les colorations "basiques" à savoir la coloration de sommets, la coloration d'arêtes et la coloration totale, tout en se focalisant sur la coloration de sommets sur laquelle porte notre travail.[11]

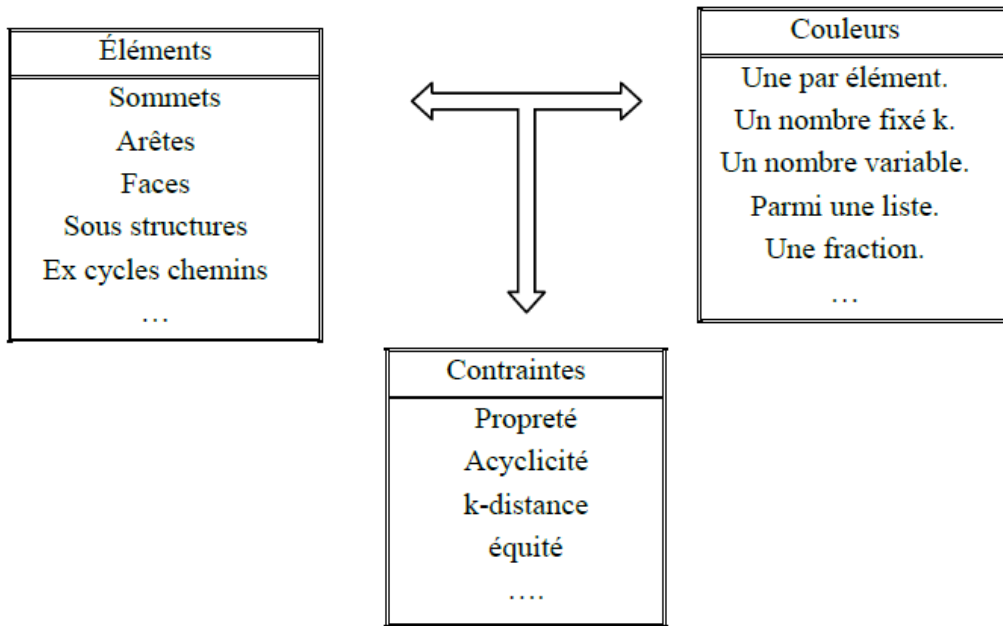


Figure IV.1 — Critères produisant une variété de types de coloration de graphes.

IV.2.1 Coloration de sommets

- **Définition :**

Étant donné un graphe simple non orienté $G = (V, E)$, une coloration propre des sommets (dite simple, basique ou classique) consiste à affecter à chaque sommet de ce graphe une couleur de telle sorte que deux sommets adjacents n'aient pas la même couleur. Une coloration avec k couleurs notée K -coloration est, donc, une partition de l'ensemble des sommets en k parties stables.[11]

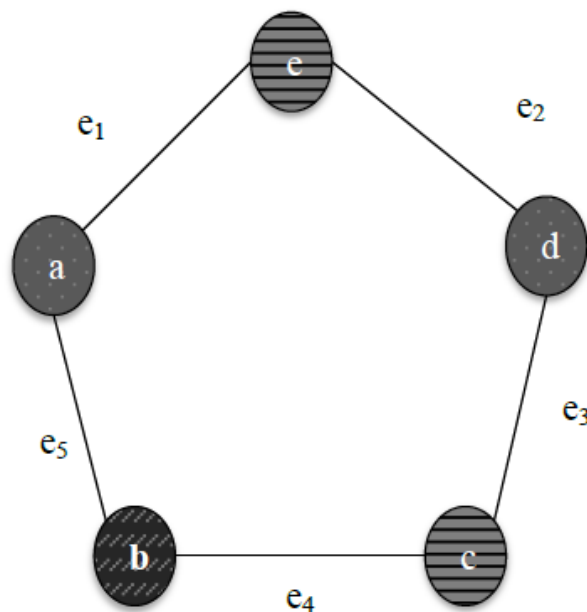


Figure IV.2 — Graphe 3-colorable.

- **Approche de partition :**

Une coloration des sommets d'un graphe G peut être vue comme une partition de V en k parties stables : C_1, C_2, \dots, C_k , où chaque C_i est l'ensemble de sommets colorés avec la même couleur i (voir Figure IV.3).[11]

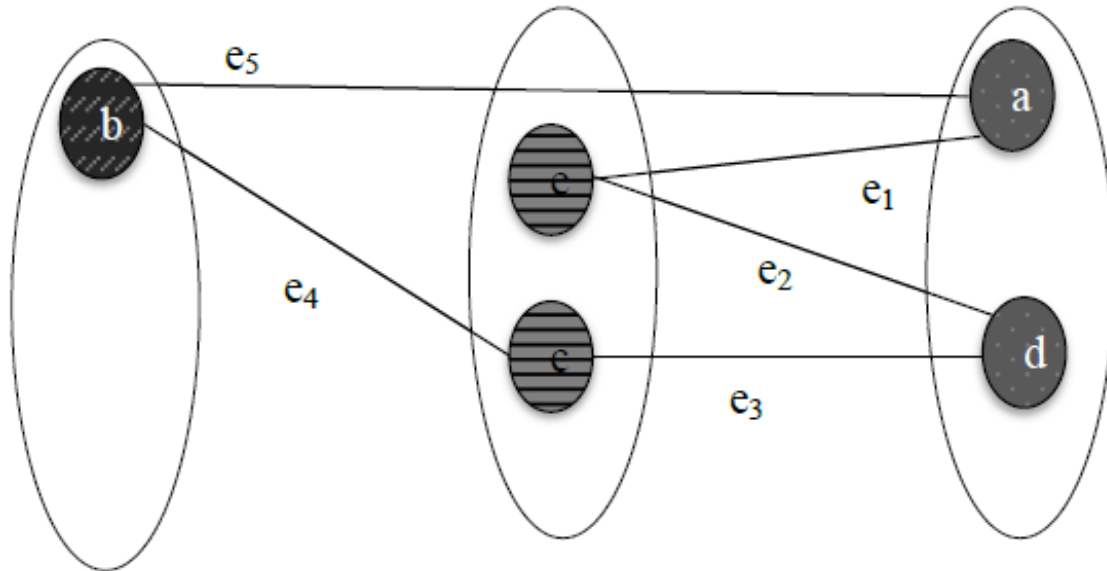


Figure IV.3 — Graphe 3-colorable : classes de couleurs.

- **k-Coloration légale :**

On dit qu'une k -coloration est légale si elle respecte toutes les contraintes imposées y compris la contrainte de propriété.[11]

- **Nombre chromatique :**

Le nombre chromatique, noté $\chi(G)$, du graphe est le plus petit entier k pour lequel il existe une k -coloration propre légale.[11]

IV.2.2 Coloration propre des arêtes

- **Définition :**

Étant donné un graphe G , une coloration propre de ses arêtes est une affectation de couleurs aux arêtes de G , une couleur pour chaque arête, tels que chaque deux arêtes adjacentes aient de couleurs distinctes. Une k coloration d'arêtes d'un graphe G peut être décrite comme une fonction $C : E(G) \rightarrow \{1, 2, \dots, k\}$ telle que $C(e) \neq C(f)$ pour chaque deux arêtes adjacentes e et f de G . Un graphe G est k -colorable s'il existe une k -coloration d'arêtes de G .

En fait, la coloration d'arêtes peut se ramener à une coloration de sommets en construisant le line-graphe appelé aussi graphe adjoint $L(G)$ du graphe en entrée G . Ceci est construit en remplaçant chaque arête par un sommet tel que deux sommets

sont adjacents dans L si les arêtes correspondantes dans le graphe original le sont. Cependant, colorer les arêtes peut être plus avantageux que de colorer les sommets de son graphe adjoint. En fait, le théorème le plus marquant dans la théorie de graphes est celui de Vizing qui porte sur la coloration des arêtes. Soit $\chi'(G)$ le nombre chromatique du graphe G , pour lequel il existe une coloration propre des arêtes de G . En 1964, le théorème de Vizing dit que : Pour un graphe G non vide : $\Delta(G) \leq \chi'(G) \leq \Delta(G) + 1$ [?].

Suivant leur nombre chromatique : Les graphes peuvent donc être classifiés en deux classes : un graphe G est de la classe 1 si $\chi'(G) = \Delta(G)$ et il est de classe 2 si $\chi'(G) = \Delta(G) + 1$. À titre d'exemple, les graphes bipartis (Théorème de König [?]) font partie de la classe 1 alors que les graphes réguliers d'ordre impair sont de la classe 2. Malgré l'importance de ce résultat théorique, avoir une telle classification n'est pas toujours assez évidente. En effet, Pour un graphe G , déterminer à quelle classe il appartient est déjà prouvé un problème NP-complet [12].

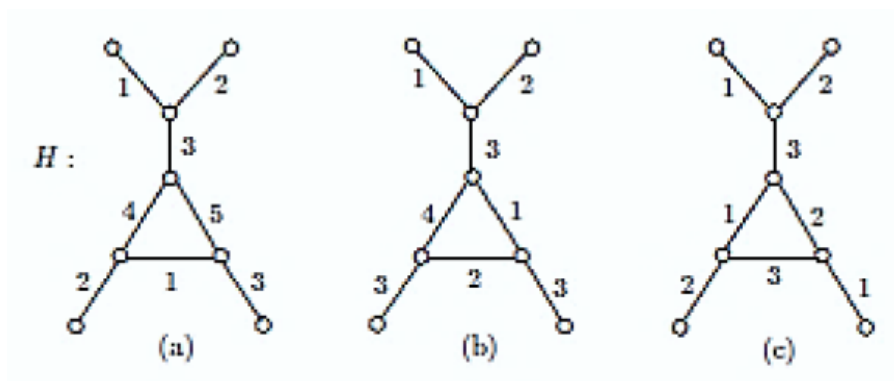


Figure IV.4 — coloration des arêtes .

IV.2.3 Coloration totale

Nous considérons maintenant la coloration qui attribue des couleurs à la fois à l'ensemble de sommets et à celui des arêtes d'un graphe. Il s'agit de colorer les sommets et les arêtes de G en k couleurs de sorte que deux sommets adjacents, deux arêtes incidentes à un même sommet, un sommet et une arête incidente aient des couleurs différentes. Le nombre chromatique total noté par $\chi''(G)$ est le plus petit entier k tel qu'une coloration totale existe pour le graphe G . Soit C une coloration totale d'un graphe G et v est un sommet de G avec $deg_v = (G)$, donc, C doit attribuer des couleurs distinctes aussi bien pour les (G) arêtes incidentes avec v que pour v lui-même. Cela implique que $\chi''(G) \geq 1 + (G)$ pour chaque graphe G .

Cependant, dans les années 1960 Behzad [11] et Vizing [14] ont indépendamment conjec-

turé que le nombre chromatique total ne peut pas dépasser cette limite inférieure par au plus de 1. C'est ce qu'on appelle la conjecture de coloration totale. Cette conjecture est donnée par l'inégalité suivante : Pour tout graphe G , $\chi''(G) \leq 2 + (G)$. [11]

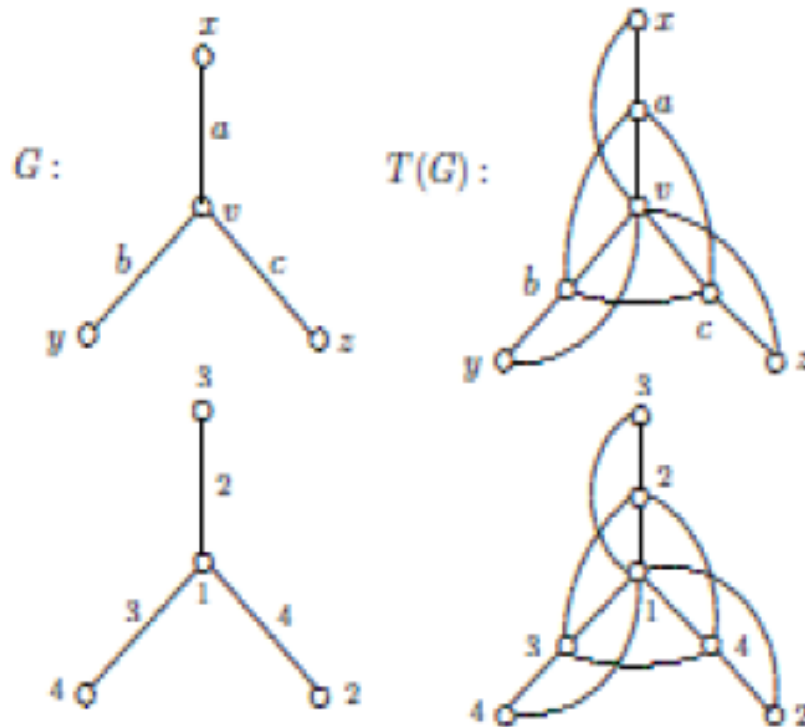


Figure IV.5 — coloration totale .

IV.2.4 Quelques types de coloration de sommets

Nous rappelons certaines variantes de coloration de sommets

- **Coloration par liste :**

La coloration par listes des sommets d'un graphe est une version plus générale de la coloration propre des sommets : on affecte toujours une couleur aux sommets du graphe, mais celle-ci est choisie dans une liste de couleurs associée au sommet. La notion de la coloration par liste a été introduite par Vizing en 1976 et Erdos, Rubin et Taylor en 1979.

Dans un graphe $G = (V(G), E(G))$, une k -assignation de listes est une fonction L qui associe à chaque sommet $\nu \in V(G)$ une liste $L(\nu)$ de k entiers.

Soit L une k -assignation du graphe G . On dit que le graphe G est L -liste colorable s'il existe une coloration propre des sommets ϕ de G telle que $\phi(\nu) \in L(\nu)$ pour tout $\nu \in V(G)$. Si G est L -liste colorable pour toute assignation de listes L avec $|L(\nu)| \geq K$ pour tout $\nu \in V(G)$, alors G est dit k -liste-colorable (ou k -choisissable). Le plus petit entier k tel que G est k -liste-colorable est appelé nombre chromatique

par listes de G et est noté $ch(G)$. Il est clair qu'une k -coloration propre revient à choisir, pour tout sommet $v \in V(G)$, $L(v) = \{1, 2, \dots, K\}$ donc, $ch(G) \geq \chi(G)$ mais $ch(G)$ peut être arbitrairement plus grand que $\chi(G)$. Par exemple, le graphe $K_{3,3}$ est 2-colorable (c'est un graphe biparti), mais le choix des listes indiquées dans la figure IV.6 montre que $ch(k_{3,3}) \geq 3 > \chi(k_{3,3})$

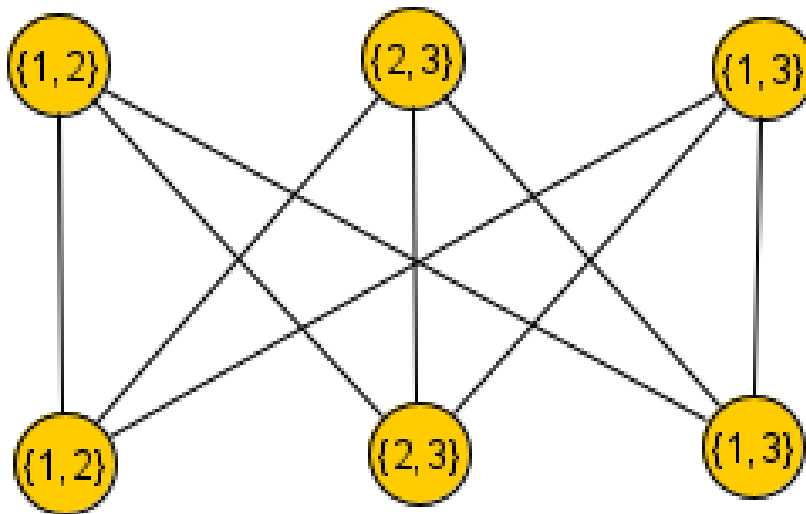


Figure IV.6 — Coloration par liste.

- **Coloration forte :**

- **Coloration Vs dominance**

La coloration de graphes et les problèmes de dominance sont souvent en relation. Chellali et Volkmann montrent certaines relations entre le nombre chromatique et autres paramètres de dominance dans les graphes. Récemment, une nouvelle coloration d'un graphe induisant une relation de dominance entre les sommets du graphe et les classes de couleur a été proposée. Cette coloration est appelée coloration forte. On dit qu'un sommet u domine une classe de couleur si et seulement si u est adjacent à tous les sommets de cette classe (voir Figure IV.7).[11]

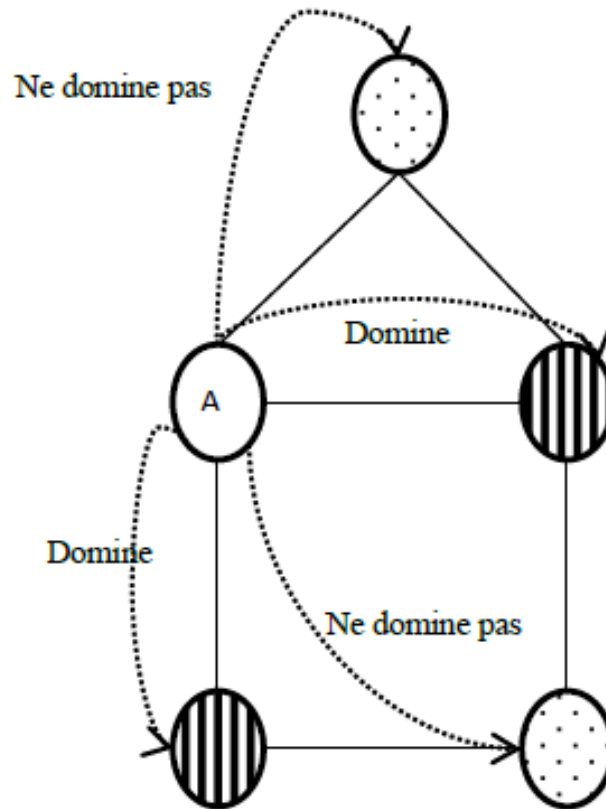


Figure IV.7 — Dominance vs coloration .

Définition :

Une k -coloration $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ d'un graphe G est dite forte si pour tout sommet $u \in V$, il existe au moins un indice $i \in \{1, 2, \dots, k\}$ tel que u est adjacent à tous les sommets de C_i . Autrement dit, pour tout $u \in V$, u domine au moins une classe de couleur C_i tel que $i \in \{1, 2, \dots, k\}$. Un graphe est fortement k -colorable s'il a une k -coloration forte. Le nombre chromatique d'une coloration forte, noté $\chi_s(G)$, du graphe G est le plus petit entier k pour lequel G est fortement K -colorable.

Le concept de coloration forte a été présenté par I.Zverovich dans [8]. Il a prouvé la NP-complétude du problème de coloration forte pour $k \geq 4$. Il a caractérisé la classe de tous les graphes fortement 3-colorables par unicité.[11]

- **Coloration forte stricte :**

La coloration forte stricte est un nouveau paramètre de coloration de graphes qui s'inspire de la coloration forte. Telle que déjà définie, la coloration forte admet la présence d'une classe de couleur vide qui permet à tous les sommets du graphe de dominer une couleur. Pratiquement, cette classe de couleur vide fait perdre la dominance aux sommets [8]. Pour cette raison, une nouvelle variante de coloration a

été définie récemment, appelée : Coloration Forte Stricte (en anglais : Strict Strong Coloring). Cette dernière est une coloration forte qui n'admet pas de classe de couleur vide. Elle est très utile pour de nombreuses applications comme : la diffusion, la dissémination de données, etc[11]

IV.3 NP- complétude

En théorie de la complexité, La coloration de graphes a été démontré NP-complet. sa difficulté est bien connue sauf pour un nombre limité de cas spéciaux tels que les arbres et les graphes bipartis. Le nombre chromatique ne peut même pas être approximé en temps polynomial dans un facteur constant par rapport à l'optimum (sauf si $P = NP!$). Par conséquent, son calcul est un problème NP-difficile [11] .

IV.4 Description de l'approche de coloration par bloc :

La coloration par bloc est un algorithme proposée dans l'article [1], appliqué pour le problème d'emploi du temps pour la construction d'équipes d'infirmiers

Cette approche procède en 2 étapes :

- Construction d'un graphe orienté, en utilisant l'algorithme d'orientation.
- Construction des groupements de sommets (blocs), permettant de caractériser une coloration valide.

Remarque :

La complexité de l'approche de coloration par bloc dépend de la complexité de la première étape qui est polynomiale

IV.4.1 Construction d'un graphe orienté :

• principe de la méthode :

Cette méthode consiste à choisir un sommet non traité ou non marqué avec le degré le plus élevé, orienter toutes les arêtes incidentes correspondantes vers l'extérieur, marquer tous les sommets voisins et les considérés comme traité. Ce processus est ensuite réitéré sur le graphe partiel réduit obtenu en supprimant les sommets traités. Cependant s'il y a encore des arêtes non dirigées, la procédure est répétée sur le sous-graphe partiel génère par ces arêtes.

• **Algorithme d'orientation :**

Algorithm 1: algorithme d'orientation

Result: un graphe orienté

initialization;

vt :l'ensemble des sommets traités tel que $vt \subseteq v$;

\tilde{v} :l'ensemble des sommets voisins de traité vt ;

\tilde{E} :l'ensemble des arêtes transformées en arc noté \tilde{A} tel que $\tilde{E} \subseteq E$;

$oriente(x, y)$:fonction qui transformel'arete (x, y) en l'arc (x, y) ;

$oriente(x, y)$ donne en sortie \tilde{A} ;

$SPG(\tilde{v}, \tilde{E})$:Est une fonction qui retourne (vs, Es) tel que $Es = E - \tilde{E}$ et

$vt \subseteq \tilde{v}/vs = \{vi, vj \in \tilde{v}/(vi, vj) \in ES \text{ avec } i \neq j\}$;

$arret$:variable booléenne valant vrai si toutes les arêtes sont orientées;

Début

1. $arret \leftarrow faux; N \leftarrow v; vt \leftarrow \emptyset; \tilde{v} \leftarrow \emptyset; \tilde{E} \leftarrow \emptyset; \tilde{A} \leftarrow \emptyset; vs \leftarrow V; \tilde{E} \leftarrow E$
2. **tant que** $arret = faux$ **faire**
3. déterminer un sommet x dans $vs - (vt \cup \tilde{v})$ de degré maximum;
4. pour tout sommet $y \in v$ tel que $(x, y) \in Es$;
5. $\tilde{E} \leftarrow E \cup (x, y); \tilde{v} \leftarrow \tilde{v} \cup \{y\}; oriente(x, y); \tilde{A} \leftarrow \tilde{A} \cup (x, y);$
6. **Si** $\tilde{E} \neq E$ et $vs = \tilde{v} \cup vt$;
7. $(vs, Es) \leftarrow SGP(\tilde{v}, vt)$ **alors**
8. **Sinon si** $\tilde{E} = E$
9. $arret = vrai$
10. **Finsi**
11. **Fin tant que**
12. $A \leftarrow \tilde{A}$

fin

IV.4.2 construction des blocs :

C'est la construction des groupements de sommets (blocs) permettant de caractériser une coloration valide.

- **principe de la méthode :**

Cette méthodes consiste à classer les sommets du graphe G selon l'ordre croissant de leurs degrés d'incidence afin de construire les ensembles L_i tout en ordonnant les éléments d'un même ensemble suivant l'ordre décroissant de leur degrés de transition. ce qui définit un ordre lexicographique sur les sommets du graphe L où L est la concaténation des sous-ensembles L_i . Elle consiste ensuite à attribuer une couleur valide respectant la contrainte d'adjacence aux sommets du même ensemble L_i , il s'agit des ensembles C_i . [1]

- **Algorithme de coloration par blocs : [?]**

Algorithm 2: algorithme de coloration par bloc

Result: Ensemble des couleurs C_i

initialization;

Début $k \leftarrow 0$;

$C_k \leftarrow \{L(1)\}$;

Pour $v \leftarrow L(2)$ à $L(n)$ tel que $n = |v|$ **Faire**;

$j \leftarrow 0$;

$affected = false$

Tant que $affected = false$ **Faire**;

Si $(x, y) \in A, \forall x \in C_j$;

$C_j \leftarrow C_j \cup \{v\}$;

$affected \leftarrow true$;

Sinon Si $j = k$ **Alors** $k \leftarrow k + 1; j \leftarrow k$;

$C_j \leftarrow \{v\}$;

$affected \leftarrow true$;

Finsi;

Finsi;

$j \leftarrow j + 1$;

Fin tant que;

Fin pour;

Fin

IV.5 L'adaptation de l'approche de coloration par bloc pour la résolution de notre problème d'emploi du temps :

Pour mieux résoudre le problème d'emploi du temps, nous allons associer le dit problème à des problèmes de coloration des graphes. De ce fait, nous allons procéder comme suit :

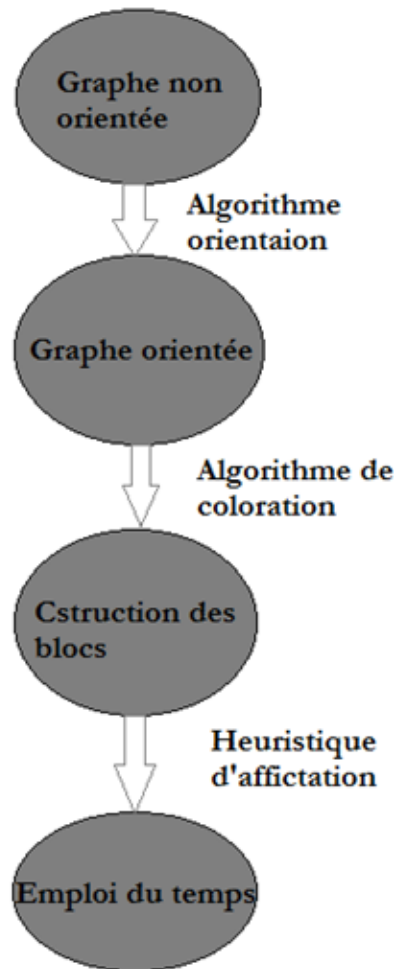


Figure IV.8 — Schéma représentatif de notre méthode de résolution .

- On ce qui concerne la structure des données, nous allons les représenter sous forme d'enregistrement comportant les différentes activités pédagogique programmées pour la semaine. Le contenu de chaque enregistrement rassemble le module i en terme cours, TD ou TP ainsi l'enseignant de module i , la promotion i et l'enveloppe horaire de module i .

module 1		module i
formateur 1	formateur i
promotion 1		promotion i
enveloppe horaire		enveloppe horaire

Table IV.1 — Tableau récapitulatif des données.

- En outre, on ce qui concerne la structure de graphe, les sommets représentent les modules et si une contrainte spécifique est présente entre 2 module les sommets correspondantes sont jointes à l'aide d'un arc, il sont considéré comme adjacents. par la suit nous allons représenter ce graphe sous forme d'une matrice d'adjacence

où ces éléments ont des valeurs binaire, tel que la valeur 1 représente l'arc.

$$A_{n,n} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \cdots & 1 \\ 1 & 0 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

- Enfin, nous avons de ce qui précède, tous les éléments qui nécessitent le bon déroulement de l'algorithme d'orientation pour obtenir un graphe orienté et considéré comme étant une entrée à l'algorithme de coloration par bloc.
- Par conséquent, les résultats obtenus par le dernier algorithme sont, dans notre cas, les modules qui peuvent être planifiés dans les mêmes horaires.
- La solution obtenue par les deux algorithmes cités ci-dessus est une solution partielle à notre problème. Nous avons proposé une heuristique d'affectation pour compléter la résolution.

IV.5.1 Heuristique d'affectation :

Nous considérons un ensemble de blocs $N=\{1..,i,..,n\}$ obtenu par l'approche de coloration par bloc de durée P_i (l'horaire majeur d'un module) sur un horizon H discrétisé en journées et en créneaux de temps. En outre, les contraintes suivantes doivent être prises en considération pour planifier un bloc i :

- Les contraintes de créneau : durant quel(s) créneau(s) doit être réalisé le bloc i .
- Les contraintes de formateur chargé par le bloc i : la disponibilité de formateur durant quel(s) créneau doit être planifié et représenté dans le tableau DispF.
- L'écart minimum entre deux occurrences d'un même module.

La méthodologie adoptée pour mener ce projet et résoudre le problème d'affectation se décompose en deux étapes :

1. Pre-processing, les blocs obtenus par l'approche de coloration par bloc sont triés par ordre décroissant de leur durée (enveloppe horaire) p_i représentée dans le tableau EHM, afin d'assurer la vérification de la contrainte relative à l'écart minimum entre deux occurrences d'un même module.
2. Les blocs classés sont ensuite affectés sur certaine journée d'horizon ainsi que leur créneau tout en veillant à tester les enveloppes horaires des blocs comme suit :
 - Si le bloc est de durée de huit (8) heures, dans ce cas, il s'agit de travaux dirigés. Il revient à l'utilisateur de choisir la journée, mais il faut assurer les contraintes citées ci-dessus.

- Sinon le reste des blocs vont être affectés selon l'ordre des créneaux en respectant les contraintes imposées.
 - Si le bloc n'est pas affecté pendant les jours de la semaine, il doit être planifié dans les créneaux correspondants aux jours de week-end.
3. Le résultat obtenu est un emploi du temps qui regroupe toutes les promotions à la fois. Comme notre objectif consiste à avoir des emplois du temps séparés, selon le nombre de promotions. Ainsi, on place les modules d'une même promotion dans un seul emploi du temps en gardant le même emplacement horaire de bloc contenant le module.
 4. Les heurs creuses sont remplies par des heures de bibliothèque. Ainsi, on a respecté la contrainte relative au heures de bibliothèque exigé par l'école technique sonalgaz.
 5. En dernier,pour obtenir un emploi du temps plus équitable, à la fin de l'heuristique d'affectation notre algorithme test la possibilité de remplacer les heures creuses par les modules affectés au Week-end.

Nous allons représenter notre structure des donnes comme suit :

- Soit la matrice binaire D
- $$D_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si le formateur } i \text{ est disponible pendant le créneau } j . \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$

$$D_{n,28} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots & \dots & 1 \\ 1 & 0 & \dots & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

- Un tableau qui représente la valeur de la plus grande enveloppe horaire des modules de chaque bloc.

Bloc 1	Bloc i
entier	entier

Table IV.2 — Tableau représentatif de l'horaire majeur des blocs .

• **Algorithme d'affectation**

Algorithm 3: algorithme d'affectation

Entrée : L'ensemble des couleurs C_i (chaque couleur représente un ensemble des modules);

Sortie : Emploi du temps;

les variables utilisées :

- vcr : L'ensemble des créneaux de la semaine sont de nombre 28;
- veh_i : L'enveloppe horaire associée à chaque couleur i ;
- E_i : L'emploi de la promotion i ;
- EP : L'ensemble des promotions déjà traitées.;
- P_j : La promotion du module j ;
- $dispformateurs(i, j)$: Fonction booléenne qui vérifie la disponibilité des formateurs des modules contenus dans le bloc de la couleur i durant le créneau j ;
- $dispcrneau(j)$: Fonction booléenne qui vérifie la disponibilité du créneau j ;
- $affectCouleur(C_i, j)$: Variable booléenne valant vrai si la couleur C_i est affecté au créneau j ;
- $affectModule(j, E_k, i)$: Fonction qui affecte le module j à l'emploi E_k durant le créneau i ;

Début

Pour $i \leftarrow 1$ à $NombreCouleurs$;

$affectCouleur(C_i, j) \leftarrow false$;

Tant que ($affectCouleur(C_i, j) = false$);

Si $TP \in C_i$ **Alors** ; les créneaux sont t'affectués par l'utilisateur.;

$affectCouleur(C_i, j) \leftarrow true$; $i \leftarrow i + 1$;

Sinon Pour $j \leftarrow 1$ à 28;

Si $dispformateurs(i, j) = true$ **et** $dispcrneau(j) = true$ **Alors**

$affectCouleur(C_i, j) \leftarrow true$; $i \leftarrow i + 1$;

Finsi ; Finsi ; Fin tant que ; Fin pour ;

$E_1 \leftarrow \{1\}$, $EP \leftarrow \{P_1\}$, $k \leftarrow 1$;

Pour $i \leftarrow 1$ à $NombreCouleurs$;

$cri \leftarrow$ le créneau où le bloc de la couleur C_i est affectée

Pour $j \leftarrow 1$ à $NombreModule \in C_i$;

Si ($P_j \notin EP$);

Créer un nouveau emploi du temps $k \leftarrow k + 1$; $E_k \leftarrow E_k \cup \{j\}$

$affectModule(j, E_k, cri)$; $EP \leftarrow EP \cup \{P_j\}$;

Sinon $affectModule(j, E_{pj}, cri)$

Fin pour ; Fin pour ; Finsi ; Fin

IV.6 L'efficacité de l'approche de coloration par bloc :

La coloration par bloc a un avantage par rapport à la coloration simple. C'est que cette coloration nous mène à colorer les sommets d'une façon dirigée (l'un après l'autre). Contrairement à la coloration simple, dont la coloration se fait d'une manière aléatoire, de ce fait, nous générons une estimation performante du nombre chromatique.

IV.7 Exemple d'illustrations :

Afin d'expliquer mieux le fonctionnement de notre méthode de résolution, nous avons généré un emploi du temps d'instances de données présentées dans le vecteur d'enregistrement compte le module ,le nom de formateur et promotion :

sécurité gazière	technologie du gaz	GDP/GAZ	branchement	confermité branc	RCE
bahtoul	soum	chaoucher	bahtoul	soum	goudjili
opgd	opgd	opgd	oppig	oppig	oppig

Table IV.3 — Vecteur représentatif des données.

- Création de la matrice d'adjacence pour la construction du graphe G :

$$A_{6,6} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

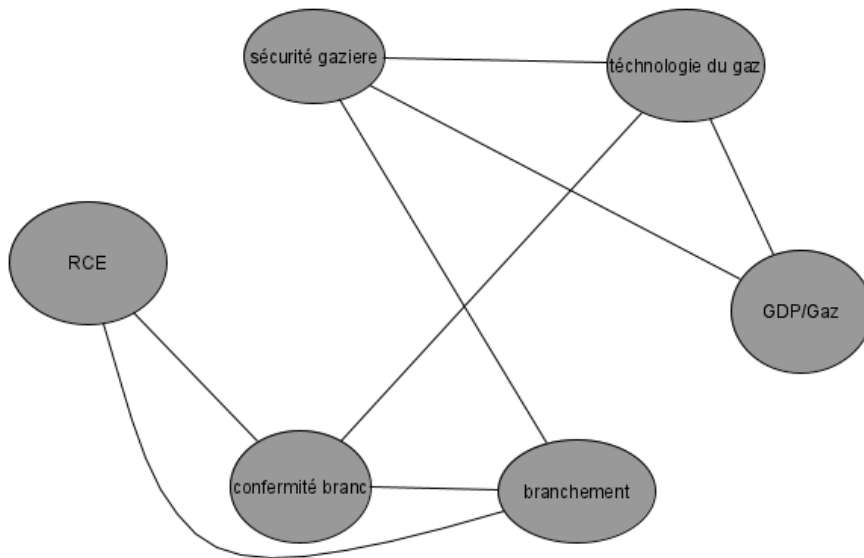


Figure IV.9 — Graphe représentatif du modèle obtenu

- L'adaptation de l'algorithme d'orientation a donné les résultats illustrés dans suivante :

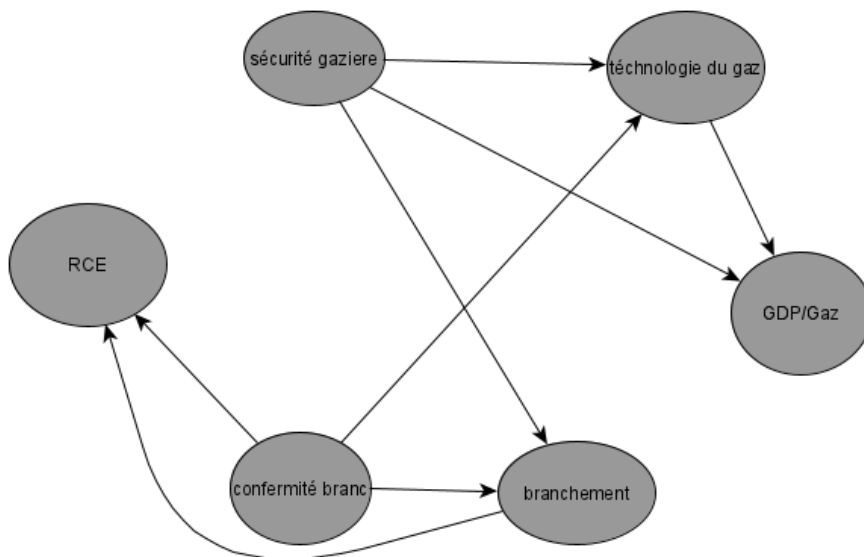


Figure IV.10 — Graphe orienté

- L'exécution de l'algorithme de coloration par bloc sur l'exemple supra-cité a donné les résultats illustrés dans la figure suivante.

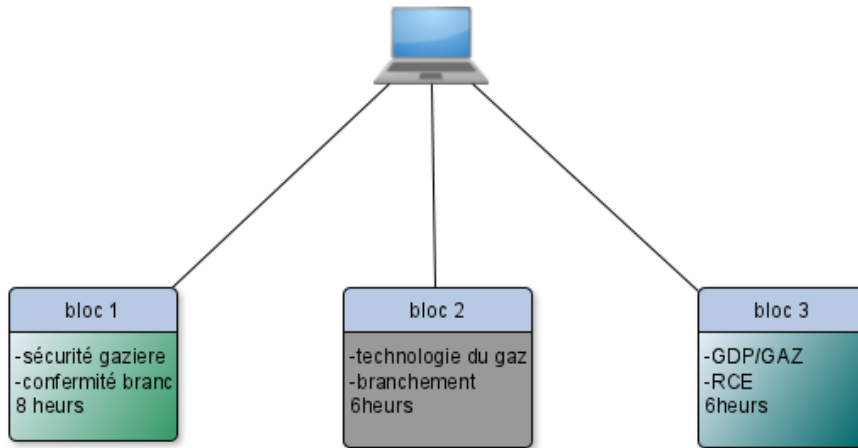


Figure IV.11 — Construction des blocs

- Les résultats finaux,après l'adaptation de l'heuristique d'affectation sont représentés ci-après :

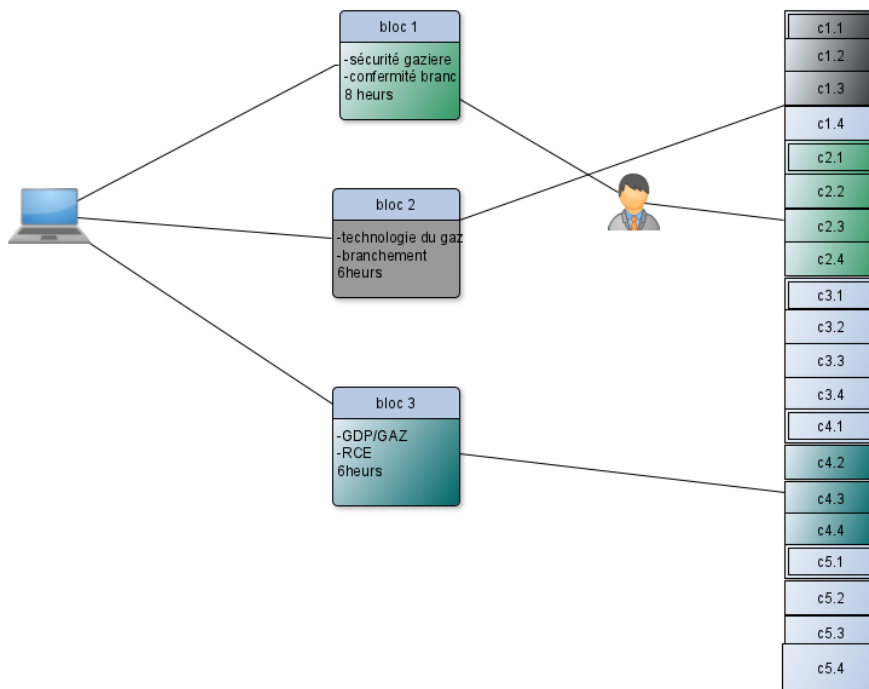


Figure IV.12 — Emploi du temps rassemblant toutes les promotions

- En dernier on cré des emplois du temps séparés propre pour chaque promotion, et on remplace les heures creuses des jours de la semaine par les modules affectés au week-end.

IV.8 Conclusion :

Nous avons donc proposé dans ce chapitre une nouvelle méthode hybride combinant l'approche de coloration par bloc et une heuristique pour la génération de planning de travail dans un contexte pédagogique. L'approche génère une solution partiel, non optimale pour notre problème d'emploi du temps, ainsi on a introduit une nouvelle heuristique qui a pour rôle d'une part, l'affectation de la solution obtenu par l'approche de coloration par bloc sur un horizon du temps, d'autre part la vérification de la disponibilité des créneaux le long de la semaine pour éviter l'affectation des week-end.

Chapitre V

IMPLÉMENTATION ET RÉSULTATS

V.1 Introduction

Ce présent chapitre concrétise la phase de la réalisation de notre logiciel « donner un nom à votre logiciel ”Timetabling planner” qui rend le processus de génération des emplois du temps plus efficace en termes d’implication de l’utilisateur. Ce chapitre est composé de deux parties : la première partie représente l’environnement de développement alors que la seconde partie est réservée à la description de notre logiciel et ses avantages mis à la disposition de l’école technique de sonelgaz.

V.2 Le langage de codage

Notre logiciel a été conçu à l’aide du langage de programmation Borland C++. Ce dernier est un langage de programmation compilé permettant la programmation sous de multiples paradigmes (comme la programmation procédurale, orientée objet ou générique). Ses bonnes performances, et sa compatibilité avec le C en font un des langages de programmation les plus utilisés dans les applications où la performance est critique.

Le C++ est un langage compilé, ce qui signifie que le code source est traduit en code objet, ou binaire pour que la machine puisse l’exécuter.

Les caractéristiques du Borland C++ font de lui un langage idéal pour certains types de projets. Il est incontournable dans la réalisation des grands programmes. Les optimisations des compilateurs actuels font également un langage de prédilection pour ceux qui recherchent les performances. Enfin, ce langage est, avec le C, idéal pour ceux qui doivent assurer la portabilité de leurs programmes au niveau des fichiers sources.

Les principaux avantages du C++ sont les suivants :

- Grand nombre de fonctionnalités.
- Performances du C.
- Portabilité des fichiers sources.
- Facilité de conversion des programmes C en C++, et, en particulier, possibilité d’utiliser toutes les fonctionnalités du langage C.
- Contrôle d’erreurs accru.

V.3 Description de notre logiciel :

Timetable planner est le logiciel développé non seulement pour concrétiser la théorie de résolution du problème d’emploi du temps (cas de l’école technique de sonelgaz) exposée

dans notre mémoire, mais aussi pour doter l'utilisateur d'un outil pratique, rapide et simple dans son exploitation.

Pour aboutir aux résultats :

1. La première des choses, logiciel demande à l'utilisateur de fournir les données nécessaires pour la réalisation des emplois du temps, il s'agit de :

- Le nombre des modules.
- Le nombre des promotions.
- Les données relatives à chaque Module à savoir :

Le nom du module, l'enveloppe horaire, le formateur et la promotion.

```

***** la realisation d'un emploi du temps *****
1/ remplissage des données :
donner le nombre de modules pour cette semaine : 10
donner le nombre de promotion pour cette semaine : 2
donner le module n° 1 : TP.exploit..
donner le formateur n° 1 : chauche....
donner la promotion n° 1 : OPGD.....
donner l'enveloppe horaire du module n° 1 : 8.h.....
*****
donner le module n° 2 : conformité..
donner le formateur n° 2 : bahtoul....
donner la promotion n° 2 : OPGD.....
donner l'enveloppe horaire du module n° 2 : 4.h.....

```

Figure V.1 — Figure représentative de remplissage des données

2. Ces informations sont remplies par le logiciel dans une matrice de dimension (4x nombre de module) tel que :

- La première ligne contient les différents modules programmés ;
- La deuxième ligne contient les formateurs à affecter ;
- la troisième ligne est réservée pour les promotions ;
- En fin, la quatrième ligne pour le stockage de l'enveloppe horaire relatives à chaque module.


```

** affichage de la matrice
TP.exploit.. | conformité.. | technologie. | E.P.S..... | colonmontat.
-----
chauche..... | bahtoul..... | soum..... | belmahdji... | boumaza.....
|
OPGD..... | OPGD..... | OPGD..... | OPGD..... | OPGD.....
-----
8.h..... | 4.h..... | 6.h..... | 2.h..... | 4.h..... |

```

Figure V.2 — Représentation des données

3. A partir de ces informations le logiciel construit le graphe $G (V, E)$ tel que ce graphe est affiché sous forme d'une matrice d'adjacence ($n \times n$) tel que n représente le nombre de module.

```

=====
la matrice d'adjacence
0 1 1 1 1 0 0 0 0 1
1 0 1 1 1 0 0 1 0 0
1 1 0 1 1 0 0 0 0 0
1 1 1 0 1 0 0 1 0 0
1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 0 1 0 1 1 1
0 1 0 1 0 1 1 0 1 1
0 0 0 0 0 1 1 1 0 1
1 0 0 0 0 1 1 1 1 0
=====

```

Figure V.3 — La matrice d'adjacence

4. L'affichage des résultats de l'algorithme d'orientation sous forme d'une matrice ($n \times n$)

```

=====la matrice representative de graphe oriente=====
0 1 1 1 1 0 0 0 0 1
0 0 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
0 0 1 0 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 0 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 1 0 1 0 1 1 0 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 1 0

```

Figure V.4 — La matrice représentative de graphe orienté

5. L'affichage des résultats de l'algorithme de coloration par bloc, tel que les modules de chaque bloc peuvent ce déroulées on même temps.

```

le resultat de la coloration par bloc
33  7  22  21  1
32  2  25  8  19
34  23  3  16  12
35  24  9  4  17
36  26  10  5  18
37  27  11  6  20
38  28  13  0  0
39  29  14  0  0

```

Figure V.5 — Les blocs de couleurs

6. A l'étape suivante, logiciel demande à l'utilisateur de remplir la matrice de disponibilité des formateurs.

```

la matrice de disponibilite de formateur est
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  1  1  0  0  1  1
1  1  0  0  1  1  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  1  1  1  1  0  0
1  1  1  1  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  1  1

```

Figure V.6 — La matrice de disponibilité de formateurs

7. Le logiciel demande à l'utilisateur de choisir les journées des TP en respectant le code suivant :

Le jour	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	jeudi	vendredi	samedi
Le code	0	4	8	12	16	20	24

Table V.1 — La représentation des jours de tp dans le code

8. Comme dernière étape, le logiciel fourni les emplois du temps des différentes promotions comme suit :

	8h	10h	10h	12h	13h	15h	15h	17h
Dimanche	SCHEMA.ELE..	SCHEMA.ELE..	SCHEMA.ELE..	LEGISLATION.	CDP.....			
Lundi	ELECTRONIQUE	ELECTRONIQUE	ELECTRONIQUE	CDP.....	MECANIQUE.FD			
mardi	TECHNOLOGIE.	TECHNOLOGIE.	TECHNOLOGIE.	CHIMIE.....	bibliothéque			
mercredi	SECURITE....	SECURITE....	SECURITE....	THERMODYNAMQ	bibliothéque			
jeudi	SECOURISME..	bibliothéque	bibliothéque	FDC.TV.TG...	FDC.TV.TG...			
vendredi	bibliothéque	bibliothéque	bibliothéque	bibliothéque	bibliothéque			
samedi								

Figure V.7 — Emploi du temps représentatif d'une promotion

9. L'impression sous forme d'un document texte.

Fichier	Edition	Format	Affichage	Aide	8h	10h	10h	12h	13h	15h	15h	17h
Dimanche					SCHEMA.ELE..	SCHEMA.ELE..	SCHEMA.ELE..	LEGISLATION.	CDP.....			
Lundi					ELECTRONIQUE	ELECTRONIQUE	ELECTRONIQUE	CDP.....	MECANIQUE.FD			
mardi					TECHNOLOGIE.	TECHNOLOGIE.	TECHNOLOGIE.	CHIMIE.....	bibliothéque			
mercredi					SECURITE....	SECURITE....	SECURITE....	THERMODYNAMQ	bibliothéque			
jeudi					SECOURISME..	bibliothéque	bibliothéque	FDC.TV.TG...	FDC.TV.TG...			
vendredi												
samedi												

Figure V.8 — [Figure représentative de L'impression d'un emploi du temps.

V.4 Tests effectués

Nous avons illustré nos résultats en adoptant deux instances réels fournies par l'école technique de sonelgaz, tel que la première instance comporter de 5 promotions, 42 modules et 38 formateurs, alors que la deuxième comporter de 8 promotions, 80 modules et 36 formateurs.

Les données des instances sont représentées dans les tableaux suivants :

1. La première instance :

- La promotion OPPIG :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Branchements	4	El arbi
Technologie gaz	4	Goudjili
conférences	4	
Sécurité gazière	4	Soum
CDP/GAZ	4	Makhlaf
Travaux personnels	4	
TP.install	8	Amrani
Règles consignes	8	Bahtoul

Table V.2 — Dispositif de formation de la promotion OPPIG

- La promotion OPGD :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Conformité brancinstallat inter	4	Bahtoul
Technologie du gaz	6	soum
TP. exploitation	8	Chauche
étude	4	
E.P.S	2	Belmahdji
Colon montantes	4	Boumaza
Sécurité gazière	2	Soum
CDP/GAZ	2	Belabid
Réalisation réseaux	4	Zerrok
Règles consignes	4	Sidi achour

Table V.3 — Dispositif de formation de la promotion OPGD

- La promotion OPPIE :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Relation avec clientèle	2	Hamida
Sécurité	4	Salem
Schémas sélec	4	Bouskender
Comptage	4	Nouas
Conférence et visites	4	
Technologie des équipements	4	Skender
Identification du matériel	2	Chanane
Etude	2	Hamida
TP. branchements	8	Ferhi
Mesures électrique	4	Azzouni
Qualité de l'énergie	2	makhdoua

Table V.4 — Dispositif de formation de la promotion OPIE

- La promotion IPI :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Electronique	4	Benfissa
Schémas électrique	4	Bouskender
Secourisme	2	Moulay
Techniques d'expression	4	Bouchenafa
Sécurité	2	Benaissa
Etudes	6	
Thermodynamique	2	Boudioudja
Mécanique des fluides	2	Mayouf
FDC TVTG	4	Benhassine
Legislation du travaill	2	Guimri
Chimie des eaux	2	Merzoug
CDP (electrique et mécanique)	4	Merniz

Table V.5 — Dispositif de formation de la promotion IPI

- La promotion OPPII :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Secourisme	4	Medjdoubane
TP.B	8	Benmeddah
Organisation	4	M.kais
Etude	4	
Technique d'expression	4	benazout
Sécurité	4	Taibi
Travaux personnel	4	
Technologie	8	bouhada

Table V.6 — Dispositif de formation de la promotion OPPII

2. la deuxième instance :

- La promotion OPPIG/R(48) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
secourisme	2	imedjdoubane yacin
technique d'expression	4	bouchenafa yacin
technologie gaz	8	gjoudjili mohamed
procédure et document	2	makhlaf med yacin
legislation	2	ramdani houda
E.P.S	2	aissa djamel
T.P Tube PE	4	amrani
T.P Tube cuivre	4	zerrouk farid
traveaux personnels et document	4	
Etude et chiffrage	2	makhlaf med yacin
Cartographie gaz	2	Menacer abedmalik
Communication et relation	4	Elberkenou ahmed

Table V.7 — Dispositif de formation de la promotion OPPIG/R(48)

- La promotion ED(80) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
secourisme	2	imedjdoubane yacin
technique d'expression	4	hamouda
technologie des équipement	2	guessoum
organisation des chantiers	2	kais
securité	2	benaissa
securité et exploitation électricité	2	bouhada
Etude	8	
Etude de devis	2	chaib
préparation physique	2	Belhami
T.P.Entertien branchement	8	dam
Etude et chiffrage	4	makhlaf med yacin

Table V.8 — Dispositif de formation de la promotion ED(80)

- La promotion ED(85) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
secourisme	2	imedjdoubane yacin
technique d'expression	2	otmane
technologie des équipement	2	bouhami
organisation des chantiers	2	taouchichet
securité	4	benaissa
securité et exploitation électricité	2	bouhada
Etude de devis	2	banzerouk
travaux personnels et document	10	
préparation physique	2	Belhami
T.P.intervention sur réseaux HTA	8	d.J
Etude et chiffrage	4	BAHTOUL

Table V.9 — Dispositif de formation de la promotion ED(84)

- La promotion ED(90) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
secourisme	2	Imedjoubene yacine
techniques d'expression	4	Hammouda abderahmane
technologie gaz	8	sidi achour seddik
procédures et documents de rac	2	Makhlaf med yacine
gisilation	2	Kezadri tayeb
E.P.S	2	Aissa djamel
T.P tube PE	4	Zerrouk farid
T.P tube cuivre	4	Boumaza farid
Etude et chiffrage	2	Makhlaf med yacinne
Cartographie fgaz	2	Menacer abdelmalik
Communication et relations	4	Eliberkennou ahmed
travaux personnels et document	4	

Table V.10 — Dispositif de formation de la promotion ED(90)

- La promotion ED(89) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Organisation des chantiers	2	Djeridane EPS kais
Secourisme	2	Imedjdoubene yacine
technique d'expression	2	Benazout kamel
Securité	4	Benaissa mohamed
Securité et exploitation	2	
travaux personnels et document	8	
Etude de devis	2	Benzekkour koouider
Préparation physique	2	Belhadji mustapha
Tp.intervention sur hta	8	bahtoul
Etude et chiffrage	4	soum

Table V.11 — Dispositif de formation de la promotion ED(89)

- La promotion ED(47) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Technologie des équipements	4	Bouti
Relations avec la clientèle	2	Benzekkour kouider
Technique d'expression	2	Hadj sadok med nassim
Mesures électriques	4	smichat
Legislation	2	Ramdani houda
travaux personnels et document	8	
Sécurité et exploitation électricité	2	Azzouri
Etude cartographie	2	Abed abderrahmane
Préparation physique	2	Belhadji mustapha
T.P entretien réseaux HTA	8	l AM
Etude	4	chaib

Table V.12 — Dispositif de formation de la promotion ED(47)

- La promotion ED(83) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Technologie des équipements	4	Buessoum
Relations avec la clientèle	2	Makhlaf med yacine
Technique déexpression	2	Hadj sadok med nassim
Mesures électriques	4	Smichate
Legislation	2	Ramdani houda
travaux personnels et document	8	
Sécurité et exploitation électricité	2	Boumaaza
Etude cartographie	2	Abed abderrahmane
Préparation physique	2	Abderrahmane mustapha
T.P entretien réseaux HTA	12	j.mat
Réseaux	4	soum

Table V.13 — Dispositif de formation de la promotion ED(83)

- La promotion ED(82) :

Le module	L'enveloppe horaire	L'enseignant
Technologie des équipements	4	Buessoum
Organisation des chantiers	2	Kais
Secourisme	2	Imedjdoubene
travaux personnels et document	8	
Technique d'expression	2	Benazout
Sécurité	4	Benaissa
Sécurité et exploitation électricité	2	Bouhadda
Etudes de devis	2	Benzekkour
Préparation physique	2
T.P interventions sur réseaux HTA	12	LJ
document	4	Goudjili

Table V.14 — Dispositif de formation de la promotion ED(82)

Remarque :

Les emplois du temps fournies sont affichés dans l'annexe.

V.5 Les avantages de notre logiciel :

- Les tests effectués sur les données réelles de l'école montrent l'efficacité de la méthodologie proposée par rapport au système de travail actuel : Très bon résultat, temps d'exécution raisonnable par rapport au travail manuelle adopté par les gestionnaires de l'école.
- Le logiciel donne la possibilité d'envoyer les emplois du temps fournie vers un document texte, ce qui laisse la possibilité à l'utilisateur de faire des modifications nécessaires.
- Le logiciel nous permet d'optimiser et d'automatiser les processus afin de gagner en productivité et donc réduire les coûts fourni pour les travailleur. Des tâches récurrentes peuvent être simplifiées grâce au logiciel . Ce qui permet donc de se concentrer sur le cœur d'activité. La saisie de données, par exemple, est une tâche répétitive dans l'école technique sonelgaz. Les erreurs humaines sont assez fréquentes et peuvent ralentir la productivité de l'école. Le logiciel permettra de réduire considérablement le nombre d'erreurs, car le processus de saisie est automatisé.

V.6 Conclusion

Aboutissant, enfin à la conception du logiciel « Timetable planner», ayant pour but primordial la résolution des problèmes d'emploi du temps, allégeant ainsi considérablement les charges du travail, jusque-là très exigeantes, des administratifs de l'école technique de Sonelgaz.

**Conclusion
générale**

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le problème de la gestion d'emploi du temps est un problème extrêmement complexe. Il est classé parmi les problèmes combinatoires difficiles au sens fort. Cette complexité est due à l'explosion combinatoire du nombre de solutions qui croît exponentiellement avec la taille du problème.

L'étude qui constitue l'objet de ce mémoire a été effectuée sur le cas précis du service pédagogique de l'école technique de Sonelgaz Blida, notre travail fût élaboré comme suit :

Présentation du problème d'emploi du temps dans le cas général et en particulier dans le cas de l'école technique de Sonelgaz Blida sujet de notre recherche. Travail présenté dans les deux premiers chapitres de ce mémoire, la modélisation mathématique de notre problème a été exposée au troisième chapitre ayant pour objectif la minimisation du nombre de contraintes violées.

La résolution de ce problème a été entreprise à l'aide d'une approche de coloration des sommets d'un graphe à savoir la méthode de coloration par bloc (CPB). Toutefois, la difficulté majeure dans l'adaptation de cette heuristique réside essentiellement dans la recherche d'un compromis entre la qualité de la solution apportée et la prise en charge de toutes les contraintes inhérentes au problème étudié. L'amélioration des performances de la méthode (CPB) par l'addition d'une nouvelle heuristique d'affectation, nous a permis d'avoir des solutions très satisfaisantes.

Ayant abouti à la conception du logiciel «Timetable planner », à l'aide du langage de programmation Borland C++, dans le but de faciliter la génération automatique des plannings d'affectation et allégeant ainsi les charges de travail du service personnel de l'école.

Cette étude nous a permis de nous confronter au monde professionnel, avec des contraintes réelles et de vérifier l'adéquation des outils de la Recherche opérationnelle dans les différents domaines.

Malgré les résultats encourageants issus de notre travail, de nombreuses améliorations sont encore possibles on cite comme perspective : la combinaison de l'heuristique de coloration avec les métaheuristiques, tel que les algorithmes génétiques est envisageable dans le but de générer une solution de meilleure qualité, tout en réduisant le temps d'exécution.

ANNEXE

Institut de formation en électricité & gaz

École technique de Blida

Emploi du temps

Promotion : IPI

Durée de formation : 26/01/2020–17/09/2020

Responsable : Mme. MEHDI

Créneaux / jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Electronique BENFISSA	Electronique BENFISSA	Législation GUIMRI	CDP MERNIZ
Lundi	Technique BOUCHANAFA	Technique BOUCHANAFA	CDP MERNIZ NASREDDI NE	Mécanique MAYOUF
Mardi	Schéma BOUSKENDER	Schéma BOUSKENDER	Chimie des eaux MERZOUK	Bibliothèque
Mercredi	Sécurité BENAISSA	bibliothèque	Thermodynamique BOUDIOUDJA	bibliothèque
Jeudi	Secourisme MOULAY	bibliothèque	FDC TV TG GUIMRI	FDC TV TG GUIMRI

Emploi du temps

Promotion : OPGD

Durée de formation : 26/01/2020–17/09/2020

Responsable : Mlle. SKENDER

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h : 00-11h :40	13h : 00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Sécurité SOUM	Règles SIDI ACHOUR	Règles SIDI ACHOUR	CDP/GAZ BELABID
Lundi	TP. Exploitation CHAOUCHE	TP. Exploitation CHAOUCHE	TP. Exploitation CHAOUCHE	TP. Exploitation CHAOUCHE
Mardi	Technologie.gaz SOUM	Technologie.gaz SOUM	Technologie.gaz SOUM	bibliothèque
Mercredi	E.P.S BELMHADJI	bibliothèque	Colon montantes BOUMAZA	Colon montantes BOUMAZA
Jeudi	Conformité BAHTOUL	Conformité BAHTOUL	Réalisation ZERROUK	Réalisation ZERROUK

Emploi du temps

Promotion : OPPII

Durée de formation : 26/01/2020–17/09/2020

Responsable : Mlle. BENSALEM

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Techno BOUHADA	Techno BOUHADA	Techno BOUHADA	Techno BOUHADA
Lundi	Organisation M.KAIS	Organisation M.KAIS	bibliothèque	bibliothèque
Mardi	TP.B BENMADDAH	TP.B BENMADDAH	TP.B BENMADDAH	TP.B BENMADDAH
Mercredi	Technique BENAZOUT	Technique BENAZOUT	Sécurité TAIBI	Sécurité TAIBI
Jeudi	Secourisme MEDJDOUBANE	Secourisme MEDJDOUBANE	bibliothèque	bibliothèque

Emploi du temps

Promotion : OPPIE

Durée de formation : 26/01/2020–17/09/2020

Responsable : M. AZZOUNI

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Schéma BOUSKENDER	Schéma BOUSKENDER	Mesure AZZOUNI	Qualité MAKHDOUA
Lundi	Sécurité SALEM	Sécurité SALEM	Identification CHANANE	bibliothèque
Mardi	TP branche FERHI	TP branche FERHI	TP branche FERHI	TP branche FERHI
Mercredi	Comptage NOUAS	Comptage NOUAS	Technologie SKENDER	Technologie SKENDER
Jeudi	Relation HAMIDA	Mesure AZZOUNI	Etude HAMIDA	bibliothèque

Emploi du temps

Promotion : OPPIG

Durée de formation :

Responsable : Mlle. SKENDER

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	TP.install AMRANI	TP.install AMRANI	TP.install AMRANI	TP.install AMRANI
Lundi	Branchements EL ARBI	Branchements EL ARBI	bibliothèque	bibliothèque
Mardi	Règles BAHTOUL	Règles BAHTOUL	Règles BAHTOUL	Règles BAHTOUL
Mercredi	Technologie.gaz GOUDJILI	Technologie.gaz GOUDJILI	CDP/GAZ MAKHLAF	CDP/GAZ MAKHLAF
Jeudi	Sécurité SOUM	Sécurité SOUM	bibliothèque	bibliothèque

Institut de formation en électricité & gaz

École technique de Blida

Emploi du temps

Promotion : OPPIG/R(48)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M. SADDOK

Créneaux jours	08h :10- 09h50	10h :00- 11h :40	13h :00- 14h :40	14h :50- 16h :30
Dimanche	procédure MAKHLAF MED YACINE	EPS AISSA DJAMEL	étude MAKHLAF FARID	TP. cuivre ZERROUK FARID
Lundi	cartographie MENACER ABD EL MALIK	TP. cuivre ZERORUK FARID	législation REMDANI HOUDA	bibliothèque
Mardi	techno GHOUDJILI MOHAMED	techno GOUDJILI MOHAMED	Techno GOUDJILI MOHAMED	techno GOUDJILI MOHAMED
Mercredi	communication ELBERKNOUN AHMED	communication ELBERKNNOU AHMED	bibliothèque	secourisme MAKHLAF
Jeudi	TP. tube SOUM FACAL	TP. tube SOUM FACAL	Technique BOUCHENAF HACENE	technique BOUCHENAF HACENE

Institut de formation en électricité & gaz

École technique de Blida

Emploi du temps

Promotion : ED(90)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M.CHENOUF

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	EPS AISSA DJAMEL	communication ELBERKENNOU AHMED	communication ELBERKENNOU AHMED	procédure MAKHLAF MED YACINE
Lundi	étude MAKHLAF MED YACINE	cartographie MANACER ABDELMALIK	TP. Tube ZERROUK FARID	législation KEZADRI TAAYEB
Mardi	Techno.gaz SIDI ACHOUR SEDDIK	Techno.gaz SIDI ACHOUR SEDDIK	Techno.gaz SIDI ACHOUR SEDDIK	Techno.gaz SIDI ACHOUR SEDDIK
Mercredi	Secourisme IMEDJDOUBANE YACINE	Technique HAMOUDA	TP. Tube ZERROUK FARID	technique HAMMOUDA ABDERAHMANE
Jeudi	technique HAMMOUDA ABDERAHMANE	Technique HAMOUDA	TP. cuivre BOUMAZA FARID	TP. cuivre BOUMAZA FARID

Emploi du temps

Promotion : ED(82)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M.BAHTOUL

Créneaux \ jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	sécurité BENAISSA	sécurité BENAISSA	préparation BELHADJI	Securité.exp BOUHADDA
Lundi	technique BENAZOUT	organisation M.KAIS	Secourisme IMEJDOUBANE	bibliothèque
Mardi	TP. interner DAMLJ	TP. interner DAMLJ	TP. Interner LJ	TP. Interner LJ
Mercredi	technologie GUESSOUM	technologie GUESSOUM	bibliothèque	Etude. devis BENZEKKOUR
Jeudi	TP. Interner LJ	TP. Interner LJ	bibliothèque	bibliothèque

Emploi du temps

Promotion : ED(80)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M.KAIS

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Secourisme IMEDJDOUBANE	Organisation M.KAIS	Technique d'ex HAMOUDA	Technique d'ex HAMOUDA
Lundi	Etude dv CHAIB	Etude et chiffrage MZKHLAF	Etude et chiffrage MZKHLAF	préparation BELHAMI
Mardi	TP. Bran DAM	TP. Bran DAM	TP. Bran DAM	TP. Bran DAM
Mercredi	Sécurité BENAISSA	Technologie GUESSOUM	bibliothèque	bibliothèque
Jeudi	Sécurité ex BOUHADA	bibliothèque	organisation M.KAIS	bibliothèque

Institut de formation en électricité & gaz

École technique de Blida

Emploi du temps

Promotion : ED(85)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M. BENZEROUK

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Etude .DV BENZEROUK	bibliothèque	bibliothèque	Secourisme IMADJDOUBAN YACIN
Lundi	Sécurité BENAISSA	Sécurité BENAISSA	Technique DE OTMANE	Technologie BOUHAMI
Mardi	Etude chiffrage BAHTOUL	Etude chiffrage BAHTOUL	bibliothèque	Préparation BELHAMI
Mercredi	Tp.interver DJ	Tp.interver DJ	Tp.interver DJ	Tp.interver DJ
Jeudi	Organisation TAUCHICHET	Sécurité ex BOUHADA	bibliothèque	bibliothèque

Emploi du temps

Promotion : ED(89)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M.SOUM

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Organisation DJERIDANCE	Etude. DV BENZEKKOUR	Sécurité BENAISSA MOHAMED	Sécurité BENAISSA MOHAMED
Lundi	TP. Intervention BAHTOUL	TP. Intervention BAHTOUL	TP. Intervention BAHTOUL	TP. Intervention BAHTOUL
Mardi	Secourisme IMEDJDOUBANE YACIN	Etude chiffe SOUM	Etude chiffe SOUM	
Mercredi	Sécurité .ex HAMIDA	bibliothèque	bibliothèque	Préparation BELHADJI
Jeudi	bibliothèque	Technique BENAZOUT	bibliothèque	

Institut de formation en électricité & gaz

École technique de Blida

Emploi du temps

Promotion : ED(47)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M.SMICHAT

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Relation BENZEKKOUR KOUIDER	technique HADJ SADOK MED NASSIM	Sécurité et exploit AZZOURI	Préparation BELHADJI MUSTAPHA
Lundi	Techno BOUTI	Techno BOUTI	Législation RAMDANI HOUDA	bibliothèque
Mardi	Etude CAR ABDED ABDERRAHMANE	Etude CHAIB	Etude CHAIB	bibliothèque
Mercredi	TP. Réseaux I AM	TP. Réseaux I AM	TP. Réseaux I AM	TP. Réseaux I AM
Jeudi	Mesure SMICHAT	Mesure SMICHAT	bibliothèque	bibliothèque

Institut de formation en électricité & gaz

École technique de Blida

Emploi du temps

Promotion : ED(83)

Durée de formation : 23/02/2020 – 25/06/2020

Responsable : M.BOUMAZA

Créneaux jours	08h :10-09h50	10h :00-11h :40	13h :00-14h :40	14h :50-16h :30
Dimanche	Législation RAMDANI HOUDA	Technique DE HADJI SADOK MED NASSIM	Réseaux SOUN	Etude ABED ABDERRAHMANE
Lundi	Sécurité.EXP BOUMAZA	Relations MAKHLAF MED YACINE	Préparation ABDERRAHMANE MUSTAPHA	Réseaux SOUN
Mardi	Technologie BUSSOUM	Technologie BUSSOUM	TP. Réseaux j.mat	TP. Réseaux j.mat
Mercredi	Mesures SMICHE	Mesures SMICHE	Réseaux SOUN	Réseaux SOUN
Jeudi	TP. Réseaux j.mat	TP. Réseaux j.mat	TP. Réseaux j.mat	TP. Réseaux j.mat

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Gueham, A. Nagih, H. A. Haddadene, and M. Masmoudi, "Graph coloring approach with new upper bounds for the chromatic number : team building application," *RAIRO-Operations Research*, vol. 52, no. 3, pp. 807–818, 2018.
- [2] D. König, "Über graphen und ihre anwendung auf determinantentheorie und mengenlehre," *Mathematische Annalen*, vol. 77, no. 4, pp. 453–465, 1916.
- [3] H. Babaei, J. Karimpour, and A. Hadidi, "A survey of approaches for university course timetabling problem," *Computers Industrial Engineering*, vol. 86, pp. 43–59, 2015.
- [4] H. Bouziane, "Un systéme automatique pour la génération des emplois du temps basé sur le logiciel national gestion de scolarité." Ph.D. dissertation.
- [5] H. E. Nouri and O. Belkahla, *Résolution multi-agents du problème d'emploi du temps universitaire*. Editions universitaires européennes, 2015
- [6] H. Gahgah, "Probléme d'emploi de temps : proposition un algorithme bio-inspiré," Ph.D. dissertation, FACULTE DES MATHEMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE, 2018
- [7] H. Hamidani and A. ChikhaBelgacem, "Conception et développement d'une application d'optimisation basée sur les systémes multi-agents cas d'étude le probléme de l'emploi du temps," Ph.D. dissertation, 2013.
- [8] I. E. Zverovich, "A new kind of graph coloring," *Journal of Algorithms*, vol. 58, no. 2, pp. 118–133, 2006.
- [9] K. samia, "polycope de cour master 2 coloration des graphes," 2019.
- [10] M. Behzad, "Graphs and their chromatic numbers. proquest llc," Ann Arbor, MI, 1965.
- [11] M. BENSOUYAD, "Université abdelhamid mehri," 2015.
- [12] M. Juvan, B. Mohar, and R. Skrekovski, "List total colourings of graphs," *Combinatorics Probability and Computing*, vol. 7, no. 2, pp. 181–188, 1998.
- [13] T. Fatiha, "Résolution du probléme de l'emploi du temps : proposition d'un algorithme évolutionnaire multiobjectif," Université Mentouri-Constantine, 2006.
- [14] V. G. Vizing, "On an estimate of the chromatic class of a p-graph," *Discret Analiz*, vol. 3, pp. 25–30, 1964₁
- [15] [W. Web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445316-c-definition-et-presentation-de-ce-langage-de-programmation/](http://www.web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1445316-c-definition-et-presentation-de-ce-langage-de-programmation/)

Résumé :

Bien que la gestion des emplois du temps dans le domaine pédagogique soit une problématique bien étudiée, elle reste d'actualité encore aujourd'hui, notamment en raison de la grande diversité des contextes applicatifs. De plus, les outils d'aide à la décision adressant ces problèmes peuvent encore être améliorés. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude et à la réalisation d'un emploi du temps pour l'école technique de Sonel gaz de Blida. Afin de résoudre ce problème, nous avons proposé une approche de résolution qui est une combinaison d'un algorithme de coloration des sommets d'un graphe à savoir la coloration par bloc et d'une nouvelle heuristique d'affectation.

Le logiciel « **Timetable planner** » que nous avons réalisé et présenté à la fin de ce mémoire, a l'avantage par rapport au système de travail actuel de procurer des résultats très satisfaisants en prenant en compte un maximum de contraintes et dans des temps relativement courts.

Mots clés : Emploi du temps, coloration d'un graphe, heuristique.

Abstract:

The management of timetables in the educational field is a well-studied issue, it is still relevant today, in particular because of the great diversity of application contexts. In addition, decision support tools addressing these issues can still be improved. In this work, we were interested in the study and the realization of a timetable for the technical school of sonal gaz in Blida. In order to solve this problem, we have proposed a solution approach which is a combination of an algorithm for coloring the vertices of a graph, namely block coloring and a new assignment heuristic.

The software "name of the software" that we produced and presented at the end of this thesis, has the advantage over the current working system of obtaining very satisfactory results by taking into account a maximum of constraints and in relatively short time.

Keywords: timetable, graph coloring, heuristic

ملخص

على الرغم من أن إدارة الجداول الزمنية في المجال التعليمي هي مسألة مدروسة جيدًا ، إلا أنها لا تزال ذات صلة اليوم ، لا سيما بسبب التنوع الكبير في سياقات التطبيق. بالإضافة إلى ذلك، لا يزال من الممكن تحسين أدوات دعم القرار التي تعالج هذه القضايا. في هذا العمل كنا مهتمين بدراسة وتحقيق جدول زمني للمدرسة التقنية سونلغاز بالبليدة. من أجل حل هذه المشكلة ، اقترحنا نهجًا للحل هو مزيج من خوارزمية لتلوين رؤوس الرسم البياني ، أي تلوين القوالب وإرشاد التعيين الجديد. يتميز برنامج "اسم البرنامج" الذي قمنا بإنتاجه وتقديمه في نهاية الرسالة على نظام العمل الحالي بالحصول

على نتائج مرضية للغاية من خلال مراعاة الحد الأقصى من القيود وفي وقت قصير نسبيًا.
الكلمات المفتاحية: استخدام الوقت ، تلوين الرسم البياني ، الكشف عن مجريات الأمور