



جامعة بجاية  
Tasdawit n'Bgayet  
Université de Béjaïa



Port de Béjaïa

Un port diversifié,  
Un pôle logistique incontesté

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTÉ DE SCIENCE EXACTE  
DÉPARTEMENT DE RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

## Mémoire de Fin d'Études

Pour l'obtention de diplôme de master

Filière : Mathématique Appliqué

Spécialité : Recherche Opérationnelle

Option : Modélisation Mathématique et Technique de Décision



### THÈME

---

Gestion des marchandises dangereuses dans le Centre de Transit des  
Marchandise Dangereuses au niveau de l'EPB.

---

Présenté par :

M<sup>lle</sup> LAHRECHE NADIRA

M<sup>lle</sup> ROUABIA OUMRIA

Devant le jury composé de :

M. ALOUI

Abdlewahab

Président

M. AISSANI

Djamil

Encadreur

M. BAADACHE

Abderrahmane

Co.encadreur

Mlle. RABOUH

Nadjet

Examineur

Mlle. TIAB

Amel

Examineur

PROMOTION: 2015/2016

# Remerciement

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout-puissant qui nous a donné la force et le savoir afin d'accomplir ce travail.

A nos promoteur Mr AISSANI Djamil et Co-promoteur Mr BADACHE Abderrahmane pour son encouragement et son suivi attentif pour la réalisation de ce travail.

A l'ensemble du personnel de l'Entreprise Portuaire de Béjaia et du Suivi Budgétaires particulièrement Mr Zaidi Adlan pour le temps qu'il nous a consacré tout au long de notre stage.

Aux membres de l'unité de recherche Lamos pour leurs aide et leurs disponibilités pendant toute la réalisation de notre travail.

Nous tenons aussi à remercier également tous les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Enfin, pour toute personne qui a contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire. Veuillez bien trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.

# Dédicace

Je dédie mon travail à mes très chers parents qui m'ont aidé moralement et financièrement durant toutes mes études

A toutes mes sœurs (hassina et wafa)

A mon frère (Rayad)

A ma sœur Alima et son mari Abd Slam et son fils Louay.

A tout la famille LAHRECHE et ZAWAYAD.

A tous mes cousins, cousines, oncles, et tantes.

A tous mes amis (sarra, zina, houda ,karima,chafia ,fatima ...).

A mon binôme OUMRIA .

NADIRA

# Dédicace

Je dédire ce modeste travail  
A tout personnes qui ma aider,  
A mes très chers parents, que dieu les garde,  
A mes frères et sœurs, anfa  
A mes cousins et oncles,  
A tous mes amis(es).  
A mon binôme NADIRA

OUMRIA

# Table des matières

Table des figures	vii
Liste des tableaux	viii
Introduction . . . . .	1
<b>1 Présentation de l'Entreprise Portuaire de Béjaia (EPB)</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction . . . . .	4
1.2 Situation géographique . . . . .	4
1.3 Statut de l'entreprise . . . . .	4
1.4 Bassins du port . . . . .	5
1.5 Activités de l'entreprise . . . . .	6
1.6 Description des services : . . . . .	6
1.7 Surfaces d'entrepôts . . . . .	7
1.8 Présentation de l'organigramme de l'EPB . . . . .	8
1.8.1 Direction Remorquage « DR » . . . . .	9
1.8.2 Direction Domaine et Développement « DDD » . . . . .	9
1.8.3 Direction Logistique « DL » . . . . .	9
1.8.4 Département Marketing « DM » . . . . .	10
1.8.5 Direction des Ressources Humaines « DRH » . . . . .	10
1.8.6 Direction Finance et Comptabilités « DFC » . . . . .	10
1.8.7 Direction de la Manutention et de l'Acconage « DMA » . . . . .	11
1.8.8 Direction de la Capitainerie « DC » . . . . .	11
1.9 Présentation du Centre de Transit des Marchandises Dangereuses . . . . .	12
1.10 Marchandises dangereuses transitées par CTMD . . . . .	13
1.11 Entrepôt et Séparation entre les classes des Marchandises Dangereuses	16
1.12 Plan de séparation des marchandises dangereuses adopté par CTMD . . . .	17
1.13 Conclusion . . . . .	19
<b>2 Rappels théoriques sur les graphes</b>	<b>20</b>
2.1 Introduction . . . . .	21
2.2 Définition d'un graphe . . . . .	21
2.3 Conception d'un graphe . . . . .	21
2.3.1 Relation d'adjacence . . . . .	21

2.3.2	Voisinage d'un sommet . . . . .	22
2.3.3	Degré d'un sommet . . . . .	22
2.3.4	Chaînes et cycles . . . . .	22
2.3.5	Couplage . . . . .	23
2.3.6	Clique . . . . .	23
2.3.7	Sous-ensemble stable . . . . .	23
2.4	Opérations sur les graphes . . . . .	23
2.4.1	Somme cartésienne de deux graphes . . . . .	23
2.4.2	Produit cartésien de deux graphes . . . . .	24
2.4.3	Homomorphisme de graphe . . . . .	24
2.4.4	Distance . . . . .	25
2.5	Connexité d'un graphe . . . . .	25
2.5.1	Graphe connexe et composante connexe : . . . . .	25
2.5.2	Isthme : . . . . .	26
2.6	Quelques graphes particuliers . . . . .	26
2.6.1	Graphe simple . . . . .	27
2.6.2	P-graphe . . . . .	27
2.6.3	Graphe biparti . . . . .	27
2.6.4	Graphe complet . . . . .	27
2.6.5	Sous graphe . . . . .	27
2.6.6	Graphe K-régulier . . . . .	28
2.6.7	Graphe planaire . . . . .	28
2.6.8	Graphe équilibré . . . . .	28
2.6.9	Graphe valué ou pondéré . . . . .	28
2.6.10	Arbre . . . . .	28
2.7	Represtation des graphes . . . . .	28
2.7.1	Matrice d'adjacence . . . . .	28
2.7.2	Matrice d'incidence sommets-arêtes . . . . .	29
2.8	Coloration des sommets d'un graphe . . . . .	29
2.8.1	Définition de la coloration . . . . .	29
2.8.2	Nombre chromatique . . . . .	29
2.8.3	Types de coloration . . . . .	30
2.8.4	Nombre chromatique de quelques types de graphes . . . . .	30
2.8.5	Encadrement du nombre chromatique . . . . .	31
2.8.6	Algorithmes de coloration . . . . .	32
2.9	Conclusion . . . . .	34
<b>3</b>	<b>Modélisation du problème en utilisant la coloration des graphes</b>	<b>35</b>
3.1	Introduction . . . . .	36
3.2	Position du problème . . . . .	36
3.3	Plan actuel de séparation des marchandises dangereuses adopté par CTMD	36
3.4	Plan de séparation des marchandises dangereuses proposé . . . . .	38
3.4.1	Modélisation mathématique . . . . .	38

3.4.2	Mode de représentation du graphe G . . . . .	38
3.4.3	Algorithme de résolution . . . . .	39
3.4.4	Comparaison des résultats . . . . .	40
3.5	Conclusion . . . . .	42
<b>4</b>	<b>Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD</b>	<b>43</b>
4.1	Introduction . . . . .	44
4.2	Description de l'environnement du travail . . . . .	44
4.2.1	Interface principale de l'environnement de programmation Delphi . . . . .	44
4.3	Description de l'application . . . . .	46
4.3.1	Entités de l'application . . . . .	46
4.3.2	Captures d'écran de l'application . . . . .	47
4.4	Conclusion . . . . .	52
<b>Conclusion générale . . . . .</b>		<b>54</b>
<b>Bibliographie . . . . .</b>		<b>56</b>

# Table des figures

1.1	Plan de développement du port de Béjaia . . . . .	5
1.2	Organigramme de l'Entreprise Portuaire de Béjaia . . . . .	8
1.3	Dimensions de CTMD . . . . .	12
1.4	Figure de CTMD . . . . .	13
1.5	Dimensions des conteneurs 20 et 40 pieds . . . . .	14
1.6	Table de ségrégation . . . . .	16
1.7	Plan de séparation et de matérialisation des classes au CTMD. . . . .	18
2.1	Graphe G . . . . .	21
2.2	Somme cartésien de deux graphes . . . . .	24
2.3	Produit cartésien de deux graphes . . . . .	25
2.4	Graphe connexe . . . . .	26
2.5	Graphe à 3 composantes connexe . . . . .	26
2.6	Isthme . . . . .	27
2.7	Coloration simple . . . . .	30
2.8	Coloration 2-équitable . . . . .	31
2.9	Exemple . . . . .	33
2.10	Graphe colorié . . . . .	34
3.1	Plan de séparation actuel adopté par le CTMD. . . . .	37
3.2	Graphe associé . . . . .	39
3.3	Graphe Colorié . . . . .	41
3.4	Plan de séparation des marchandises dangereuses proposé. . . . .	41
4.1	L'environnement Delphi . . . . .	45
4.2	Interaction entre les entités . . . . .	47
4.3	Interface principale de l'application . . . . .	48
4.4	Plan de séparation proposé . . . . .	48
4.5	Opérations sur l'entité " Produit " . . . . .	49
4.6	Opérations sur l'entité " conteneur " . . . . .	49
4.7	Opérations sur l'entité " classe " . . . . .	51
4.8	Etat d'impression : permis d'admission . . . . .	53
4.9	Exemple des produits dangereux . . . . .	55

# Liste des tableaux

1.1	Bassins du port . . . . .	5
2.1	Ordre des sommets . . . . .	34
3.1	Table de ségrégation . . . . .	39
3.2	Ordre des sommets . . . . .	40
4.1	Signification des attributs . . . . .	47

# Introduction générale

L'entreprise portuaire de Béjaia (EPB) a consentit des efforts plus ou moins considérables pour sa modernisation et son adaptation aux exigences du marché national et international. En effet, plusieurs installations matérielles spécialisées dans l'entreposage des marchandises dangereuses ont été utilisées et un plan de séparation de ces marchandises plus ou moins rigoureux a été établi pour éviter les différents risques d'incendies. Malgré ces mesures préventives, le risque est toujours probable, ce qui nécessite une étude plus approfondie du problème de séparation des marchandises dangereuses.

Notre travail au sein du CTMD (Centre de Transit des Marchandises Dangereuses) consiste justement à proposer un plan de séparation des marchandises dangereuses optimisé pour éviter les éventuels incendies qui peuvent se produire entre les différentes classes de produits incompatibles. En d'autres termes, l'objectif est de déterminer l'emplacement des conteneurs qui arrivent dans le CTMD de telle sorte que les conteneurs contenant des classes de produits incompatibles ne doivent pas être placés dans la même zone. A noter que le plan de séparation actuellement appliqué utilise six zones pour stocker six classes différentes de marchandises dangereuses. Nous avons trouvé que ce plan n'est pas optimisé car il ne respecte pas la compatibilité entre les classes, i.e., les classes qui sont compatibles entre elles en termes de sécurité peuvent être stockées ensemble dans la même zone sans aucun risque.

Après un stage de courte durée au sein de CTMD, qui nous a permit de voir le problème de près, nous avons pu proposer un nouveau plan de séparation des marchandises dangereuses qui est optimisé à la fois en termes de compatibilité entre les classes de marchandises et en termes du nombre de zones qui est réduit à trois au lieu de six dans le plan de séparation existant. Pour obtenir le plan de séparation proposé, nous avons modélisé le problème en utilisant les graphes et nous avons appliqué la technique de la coloration pour déterminer le nombre minimal de couleurs qui représente le nombre minimal de zones. Chaque zone est destinée à contenir des classes des marchandises dangereuses compatibles entre elles. Pour implémenter notre proposition, nous avons utilisé l'environnement de programmation Delphi pour développer une application de gestion des marchandises dangereuses. Il s'agit d'une application qui offre à l'utilisateur la possibilité de consulter et mettre à jour les différentes entités (produit, conteneur et classe). En outre, l'extrait des états tels que le permis d'admission du produit et la déclaration des marchandises dangereuses est aussi possible via notre application.

Notre mémoire est structuré en 4 chapitres. Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise EPB, en particulier, le CTMD où nous avons effectué notre stage. Le deuxième chapitre présente des notions sur la théorie des graphes que nous avons jugé utiles pour la modélisation de notre problème. Dans le chapitre trois, nous avons appliqué la technique de la coloration des graphes pour résoudre notre problème et obtenir le plan de séparation des marchandises dangereuses proposé. Dans le chapitre quatre, nous avons présenté l'environnement de développement Delphi, utilisé pour développer notre application et nous avons décrit les différentes opérations de consultation et de mise à jour offertes par notre application. Le mémoire s'achève par une conclusion qui résume notre contribution et énumère les perspectives de notre travail.

# Chapitre 1

## Présentation de l'Entreprise Portuaire de Béjaia (EPB)

## 1.1 Introduction

La réalisation du port dans la composante actuelle débuta en 1834, elle fut achevée en 1987. C'est en 1960 qu'a été chargé le premier pétrolier d'Algérie, et ce depuis le port de Béjaia.

Le port de Béjaia aujourd'hui est réputé mixte ; hydrocarbures et marchandises générales y sont traités. L'aménagement moderne des superstructures, le développement des infrastructures, l'utilisation de moyens de manutention et de techniques adaptés à l'évolution de la technologie des navires et enfin ses outils de gestion moderne, a fait évoluer le port de Béjaia depuis le milieu des années 1990.

Le port de Béjaia est classé 1<sup>er</sup> port d'Algérie concernant le transit et la manutention des marchandises générales . Il est également le 1<sup>er</sup> port du bassin sud méditerranéen certifié ISO 9001.2000 pour l'ensemble de ses prestations,et à avoir ainsi installé un système de management de la qualité. Cela constitue une étape dans le processus d'amélioration continue de ses prestations au grand bénéfice de ses clients. L'Entreprise Portuaire a connu d'autres succès depuis, elle est notamment certifiée à la Norme ISO 14001 :2004 et au référentiel OHSAS 18001 :2007, respectivement pour l'environnement, l'hygiène et la sécurité au travail.

## 1.2 Situation géographique

### Position :

Latitude N 36° 45' 24", longitude E 005°05'50" ;le port de Béjaia est délimité par :

- Au nord par la route nationale N°9.
- Au sud par les jetées de fermeture et du large sur une largeur de 2750 m.
- A l'est par la jetée Est.
- A l'ouest par la zone industrielle de Béjaia.

Connue pour être l'une des meilleures de la côte algérienne, la rade de Béjaia offre d'excellentes potentialités en matière de protection et des fonds propices à un bon mouillage, avec des profondeurs allant de 10 m à plus de 20 m . Abrisée de tous les vents sauf du nord-est à l'est, la rade est limitée par une ligne imaginaire s'étendant du Cap Carbon au Cap Aokas. Pour les pétroliers la zone de mouillage est située à l'est du Chemin d'accès.

## 1.3 Statut de l'entreprise

L'entreprise portuaire de Béjaia est régie par les dispositions des décrets n° 82.285 du 08 août 1982 publié au journal officiel n° 33 du 17 août 1982. Depuis février 1989 elle a été érigée en entreprise publique économique - société par action - dans le cadre de la loi sur l'autonomie des entreprises .Son capital social a été fixé à 60.000.000.00DA .elle a pour missions essentielles la gestion ,l'exploitation et le développement du domaine et ce en vue



## 1.5 Activités de l'entreprise

L'entreprise portuaire couvre un vaste domaine d'activités qui concerne l'accomplissement d'une mission qui consiste à traiter dans les meilleures conditions de délai, de coût et de sécurité l'ensemble des passages, des navires et des marchandises.

Elle exerce à cet effet, en plus de sa vocation naturelle d'autorité portuaire, les activités suivantes :

1. La gestion, l'exploitation et le développement des infrastructures et superstructures.
2. La manutention et l'acconage des marchandises en transit par le port de Béjaia.
3. Le pilotage, le remorquage et le lamanage des navires dans les limites du port de Béjaia.
4. La sécurité portuaire dans les limites du domaine portuaire.
5. Transit des passagers et leurs véhicules par la gare maritime.
6. La mise à disposition des infractions nécessaires aux activités relatives aux hydrocarbures.

## 1.6 Description des services :

1. L'acheminement des navires de la rade vers le quai : Dans certains cas exceptionnels, d'arrivée massive en rade, les navires restent en attente dans la zone de mouillage (rade) jusqu'à obtention de l'autorisation de rejoindre un poste à quai. Cette dernière est délivrée après une conférence de placement qui se tient quotidiennement au niveau de la Direction Capitainerie.

L'acheminement des navires se fait par des opérations d'aide à la navigation identifiée par le remorquage, le pilotage et le lamanage.

2. Le remorquage : Il consiste à tirer ou à pousser le navire, pour effectuer les manœuvres d'accostage, de décalage ou d'appareillage du navire. Il consiste également à effectuer les opérations de con voyage et d'aide dans l'exécution d'autres manœuvres.
3. Le pilotage : Il est assuré de jour comme de nuit par la Direction Capitainerie et est obligatoire à l'entrée et à la sortie du navire. Il consiste à assister le commandant dans la conduite de son navire à l'intérieur du port.
4. Le lamanage : Il consiste à amarrer ou désamarrer le navire de son poste d'accostage.
5. Les opérations de manutention et d'acconage pour les marchandises : elles consistent en :
  - o Les opérations d'embarquement et de débarquement des marchandises.
  - o La réception des marchandises.
  - o Le transfert vers les aires d'entreposage, hangars et terre-pleins, ports secs.

- o La préservation ou la garde des marchandises sur terre-pleins ou hangar et hors port.
- o Pointage des marchandises.
- o La livraison aux clients.
- o La manutention et l'acconage sont assurés, par un personnel formé dans le domaine. Il est exercé de jour comme de nuit, réparti sur deux vacations de 6h à 19h avec un troisième shift optionnel qui s'étale entre 19h et 01h du matin. Pour des cas exceptionnels, ce dernier peut s'étaler jusqu'à 7 h du matin.
- o D'autres prestations sont également fournies aux navires et aux clients telles que :
  - Enlèvement des déchets des navires et assainissement des postes à quai.
  - Pesage des marchandises (ponts bascules).
  - Location de remorqueurs ou vedettes (pour avitaillement des navires, transport de l'assistance médicale, assistance et sauvetage en haute mer).

## 1.7 Surfaces d'entrepôts

Le port de Béjaia dispose de 400.000  $m^2$  de surface non couverte et de 17500 $m^2$  de surface couverte, ces surfaces sont réparties comme suit :

- Un magasin cale .Neuf hangars banals pour marchandises diverses.
- Six hangars et terres plaines formant le Centre de Transit des Marchandises Dangereuses, « CTMD ».
- Un dock silo de stockage d'huile de table.
- Une gare maritime.
- Un terminal à conteneurs.
- Deux enclos pour véhicules de tourisme.
- Une surface de 400.000  $m^2$  de terre pleines nue.
- Une station de déballastage pour les pétroliers.
- Un centre de conditionnement de ciments d'une capacité de 30.000 tonnes.
- Un centre anti-pollution marine.

L'entreposage de la marchandise débarquée est aussi l'une des principales activités du port. En effet, la marchandise déchargée sera affectée à des aires de stockage selon des critères :[3]

- Les marchandises non périssables sont admises à l'entreposage en terre-pleins.
- Les produits dangereux sont acheminés au CTMD conformément aux règles et modalités d'admission des produits dangereux.
- Les marchandises conteneurisées sont acheminées et entreposées dans le parc à conteneurs.

## 1.8 Présentation de l'organigramme de l'EPB

L'entreprise portuaire est structurée en directions au nombre de neuf, elles-mêmes subdivisées en département et services.

Les activités de l'entreprise sont organisées suivant un schéma de décentration des pouvoirs de décision au profit des directeurs centraux et de leurs chef de départements.

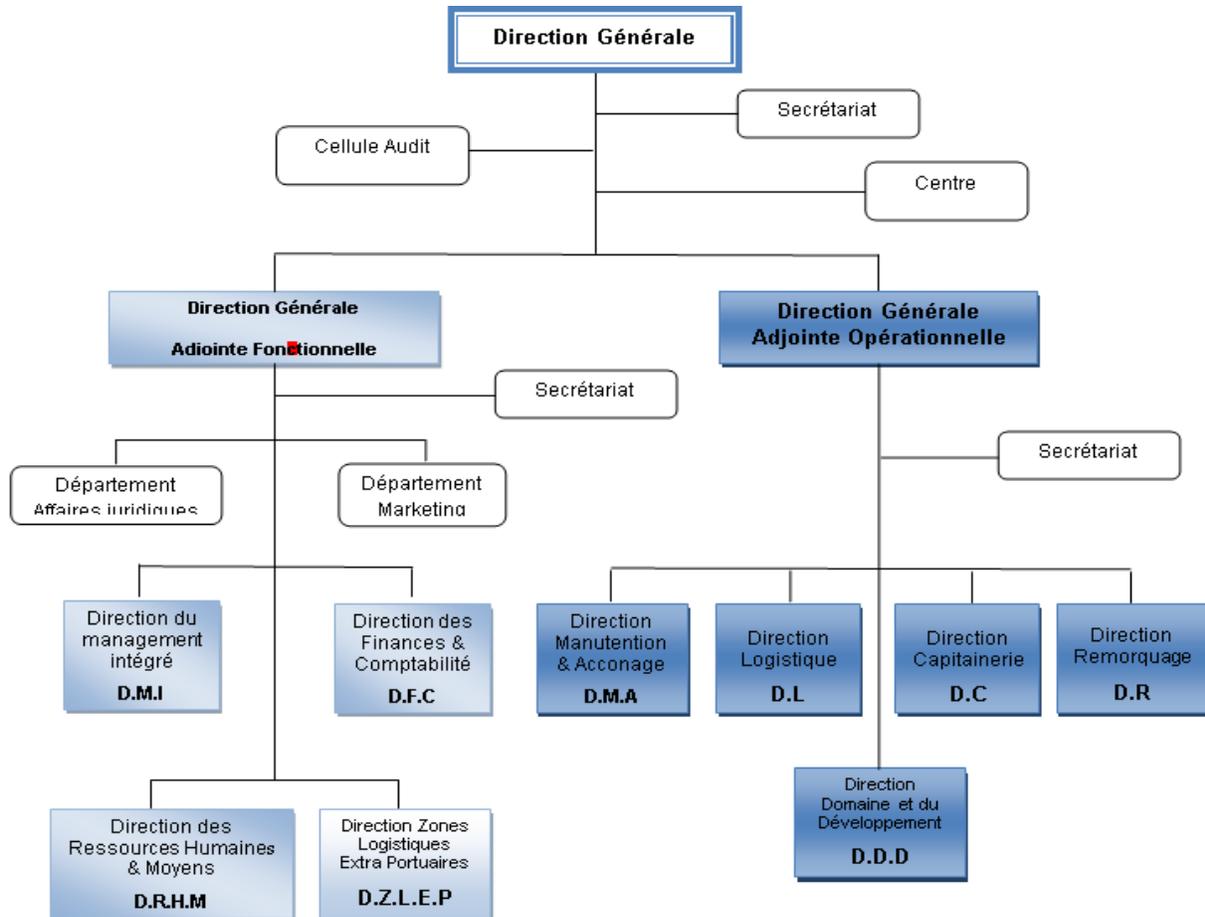


FIGURE 1.2 – Organigramme de l'Entreprise Portuaire de Béjaia

### 1.8.1 Direction Remorquage « DR »

Cette direction assure les opérations de remorquage des navires à l'entrée comme à la sortie, elle couvre diverses missions qui sont :

- Le remorquage portuaire et hauturier.
- L'assistance sauvetage des navires et engins en péril.
- L'avitaillement et le transport de matériels.

Autre intervention qui fait partie du cadre des secours tels que, la protection de l'environnement et la lutte contre les incendies.

### 1.8.2 Direction Domaine et Développement « DDD »

Elle a pour mission essentielle la mise en œuvre des programmes d'entretien et d'investissement de l'entreprise « travaux et acquisition du matériel ». Elle est subdivisée en trois départements :

**Département travaux :** Il est chargé de l'entretien des infrastructures, de balayage des quais, enlèvement de déchet des navires et l'alimentation de ce dernier en eau potable.

Il est composé de quatre services :

- Service domaine
- Service infrastructure
- Service superstructure
- Service marché

**Département Maintenance :** Il s'occupe de la maintenance curative et préventive des engins, la sécurité, la fiabilité pendant leur utilisation, il est chargé aussi du développement et l'extension des moyens et équipements.

**Département Approvisionnements :** Il s'occupe de la gestion, du renouvellement des pièces de recharge, ainsi que l'achat des matériaux et outils pour les travaux de manutentions.

### 1.8.3 Direction Logistique « DL »

Consciente des enjeux économiques liés à la région et à son hinterland, l'entreprise portuaire de Béjaia a donné la priorité au développement et à la modernisation de la manutention mécanisée, permettant ainsi d'assurer des prestations à même de répondre à ses objectifs et aux soucis de la clientèle en offrant une meilleure qualité de services, dans les meilleurs délais et à moindre coût.

C'est dans cet esprit que l'entreprise a modélisé son organisation. Elle s'est basée sur une approche stratégique axée principalement sur :

- Le développement d'une stratégie globale de survie axée sur : la diversification, la spécialisation et la différenciation .

- L'option de filialisation et de développement de nouvelles prestations et de nouveaux métiers .
- La spécialisation des métiers et la gestion par terminaux .
- La modernisation du matériel et l'introduction de nouvelles technologies (maintenance, pointage portuaire...etc.) .
- La modernisation des procédés de gestion portuaire .
- Un système de management incluant les trois volets : qualité, environnement et santé et sécurité au travail.

La direction logistique englobe dorénavant le service engins et grues, issu de la direction maintenance et acconage, le département maintenance et le département approvisionnements issus tous deux de la direction domaine et développement.

Les principaux métiers exercés par la direction logistique sont :

- L'approvisionnement en pièces de rechange ;
- La maintenance des équipements ;
- La planification des affectations.

#### **1.8.4 Département Marketing « DM »**

Elle est composée de deux services :

- Service étude : Il est chargé de tous les travaux d'étude et de planification concernant l'entreprise. Cette structure élabore les opérations de marketing visant à augmenter les parts de marché de l'EPB.
- Service informatique : Il est chargé de la gestion de tous les systèmes informatiques de l'entreprise à savoir les réseaux, et les différentes applications utilisées dans la gestion du port.

#### **1.8.5 Direction des Ressources Humaines « DRH »**

Cette direction est chargée d'exécuter toutes les tâches liées à la gestion et au développement des structures, et d'appliquer rigoureusement les lois de gestions et les règlements intérieurs de l'entreprise.

Elle a comme principal département celui du personnel et de la formation qui s'occupe de la gestion administrative du personnel, ainsi que l'établissement de la paie, le suivi des affaires sociales, le suivie de la situation de la carrière de l'effectif et l'élaboration des actions de formations afin d'atteindre une grande maîtrise des métiers pour adapter le personnel à l'exigence de la modernisation.

#### **1.8.6 Direction Finance et Comptabilités « DFC »**

Cette direction gère les finances et les dépenses de l'entreprise, elle est constituée de deux départements à savoir :

**Département Comptabilité :** Il s'occupe de la comptabilité générale et analytique de l'entreprise, de l'établissement des synthèses des journaux auxiliaires, effectuer la balance générale des comptes et le bilan fiscal à chaque fin d'exercice.

**Département des Finance :** Il a comme principale préoccupation d'assurer le recouvrement des créances, de veiller au bon équilibre financier de l'entreprise, ainsi la prise en charge et la versificatrice des régularités des dépenses, enfin il assure les niveaux d'endettement et des créances.

### 1.8.7 Direction de la Manutention et de l'Acconage « DMA »

L'acconage est une opération qui consiste à assurer la réception, la reconnaissance à terre des marchandises ainsi que de leurs gardes jusqu'à leur embarquement ou livraison au destinataire.

La « DMA » est subdivisée en deux départements :

**Département Commercial :** Il est chargé de l'établissement des factures, des prestations fournies aux clients, ainsi que la détermination du chiffre d'affaires.

**Département Manutention :** La manutention portuaire comprend les opérations d'embarquement et de débarquement des marchandises, de la mise et de reprise des marchandises sous Hangars, sur terre pleine et magasins et cela dépend bien sûr de la volonté du client.

### 1.8.8 Direction de la Capitainerie « DC »

Les missions de la Capitainerie instrument de l'autorité portuaire comme est stipulé dans le code maritime algérien dans ses articles 890 et 891 que sont exercées au niveau des ports des missions de puissance publique et de service public et des activités commerciales.

Les missions de puissance publique sont exercées par les organes d'état habilités à cet effet, tandis que le développement, l'entretien, la gestion, la préservation et la conservation du domaine public portuaire constituent des missions de service public dévolu à des institutions créées à cet effet dénommées « autorités portuaires ».

La Capitainerie, via ses agents, veille à la préservation et la conservation du domaine public portuaire et d'une manière générale de tout ce qui se rapporte à la prévention, la sécurité et la lutte contre les sinistres de toute nature ainsi que de la régulation du mouvement de la navigation dans les limites maritimes du domaine public portuaire.

On y trouve actuellement les structures suivantes :

- Département police et sécurité.
- Service sécurité terrestre.
- Service facturation.
- Service CTMD et hydrocarbures.

- Station pilotage.
- Département police de la navigation.
- Bureau de sûreté portuaire.

## 1.9 Présentation du Centre de Transit des Marchandises Dangereuses

La direction capitainerie à travers le service terrestre veille à l'authenticité et la validité de l'ensemble des règles régissant le transit des marchandises dangereuses à réceptionner au CTMD (Centre de Transit de la Marchandise Dangereuse) et désigne les emplacements réservés à chaque lot de MD, il régule le flux d'arrêt des divers lots des marchandises. Unique en Algérie, le CTMD est dédié au stockage dans les meilleures conditions de sécurité toutes les marchandises classées dangereuses. La conteneurisation, symbole de la technique moderne des marchandises de manutention se développe à grande allure. Pour faire face à cette évolution et renforcer les installations existantes affectées au traitement du trafic conteneurs, le port de Béjaia à aménager depuis mars 1996 une superficie de 14 hectares en un terminal à conteneurs, il est également équipé par des prises électriques pour la réception des conteneurs frigorifiques. Depuis son installation, l'entreprise a décidé d'organiser gestion en parc spécialisé de 480 TCS soit 800 à 1000TEU .Au fur et à mesure de la pratique, le trafic du parc à conteneurs du port de Bejaïa à beaucoup évolué au cours de ces dernier années, soit 28500 TCS traités en 2003.

[7] La Figure 1.3 illustre les dimensions de CTMD,et la figure 1.3 présente le CTMD

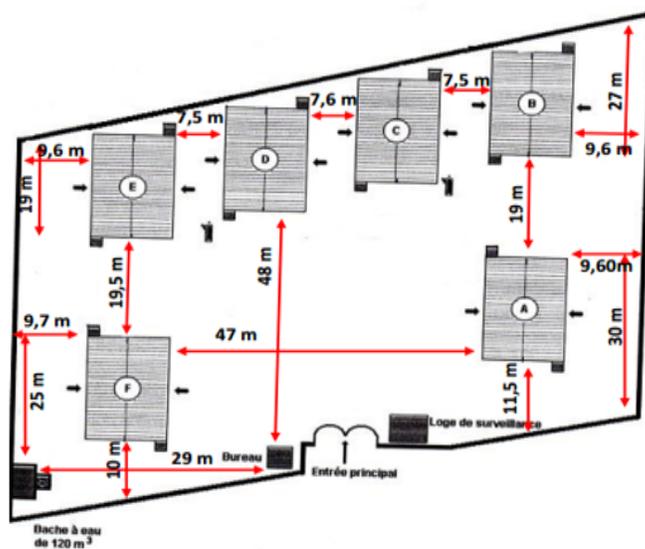


FIGURE 1.3 – Dimensions de CTMD



FIGURE 1.4 – Figure de CTMD

#### **Définition d'un conteneur :**

Un conteneur est une boîte rectangulaire de dimension universelle. La clé de son succès réside dans sa standardisation selon les prescriptions ISO TC 104/ISO R 668. Les conteneurs de 20 et 40 pieds de longueur 6 et 12 mètres sont les plus utilisés. Ils servent au transport des marchandises dites sèches, conditionnées en caisses, cartons, balles, palettes,...Mais d'autres conteneurs plus spécifiques ont été créés : les conteneurs-citerne (tank container), les plein-ciel (open top), les réfrigérés (refera)... .

Le conteneur standard de 20 pieds sert d'unité de référence pour estimer la capacité des navires et évaluer les flux. On parle alors d'EVP : Equivalent Vingt Pieds (TEU, twenty equivalent unit), ce qui correspond à un volume utile de  $33m^3$  . Chaque conteneur est identifié par une série d'inscription permanente sur ses parois (propriétaire, n<sup>o</sup>d'immatriculation, masse brute maximale, tare, charge utile ...).

la Figure 1.5 illustre la dimension des conteneurs 20 et 40 pieds

## **1.10 Marchandises dangereuses transitées par CTMD**

Les Marchandises Dangereuses(MD) sont telles que définies par le code IMDG (International Maritime Dangerous Goods), qui font courir du fait de leur nature, et dans les conditions de transport maritime un risque particulier aux personnes du navire et sa cargaison. Les marchandises dangereuses transitées par le CTMD sont classés en 7 classes selon la nomenclature suivante :[4]

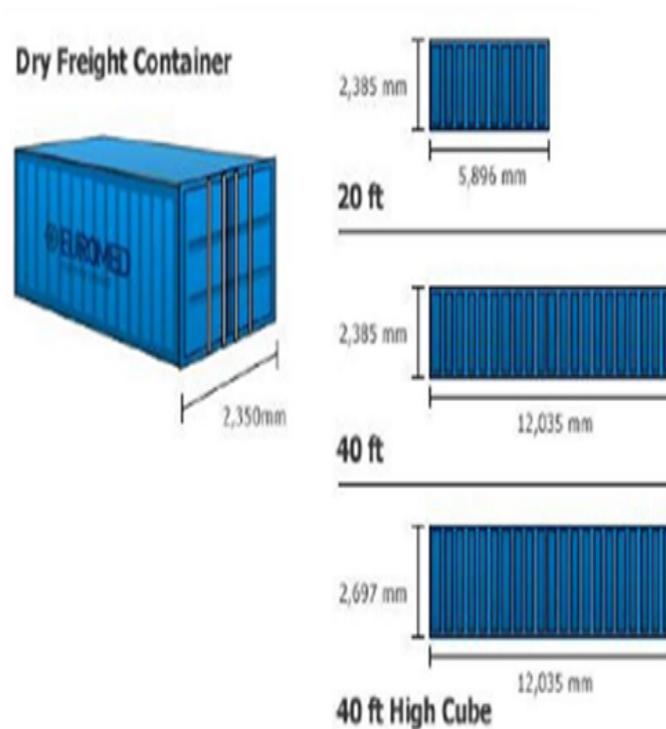


FIGURE 1.5 – Dimensions des conteneurs 20 et 40 pieds

**1. Classes 1 :** Les matières explosives (telles que nitro-glycerine, la TNT, . . .), elles sont extrêmement sensibles aux chocs, et aux frottements ce qui rend leurs manipulations délicate et critique.

**2. Classes 2 :** Les gaz

Il existe plusieurs variétés de gaz, telles que :

- Les gaz non inflammables,
- Les gaz inflammables,
- Les gaz toxique,
- Les gaz comburants,
- Les gaz corrosifs.

Certains gaz peuvent posséder plusieurs de ces propriétés.

**3. Classe 3 :** liquides inflammables

Cette classe comprend des liquides dégageant des vapeur inflammables à une température égale à 61 °c , elle comporte des liquides , des mélanges de liquides ou de liquides contenant des solides en solution ou en suspension (peinture , vernis, laque.)

**4. Classe 4 :** Solides inflammables, subdivisée en trois sous-classes :

- Sous-classe 4.1 : Solides inflammables, y compris les matières auto-réactives et les matières explosibles désensibilisées solides.
- Sous-classe 4.2 : Matières sujettes à l'inflammation spontanée.
- Sous-classe 4.3 : Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammable.

**5. Classe 5.1 :** Matières comburantes.

**6. Classe 6.1 :** Matières toxiques. Ces matières sont susceptibles d'avoir des effets nocifs sur l'homme en cas d'absorption par voie vocale .

**7. Classe 7 :** Matières radioactives

**8. Classe 8 :** Matières corrosives.

**9. Classe 9 :** Cette classe comprend des matières et des objets qui pour des raisons vitales ne relevant d'aucune classe à savoir (les aérosols, l'amiante, les allumettes de sur-reté...).

### Remarques

1. Les marchandises de la classe 2 ne sont autorisées à transiter par le CTMD uniquement qu'après l'obtention d'une dérogation du directeur ne dépassant pas les 48 h, et ce, qu'en ce qui concerne la sous-classe 2.2, gaz non toxique ininflammable.
2. Les autres classes (1 ; 2.1 ; 5.2 ; 6.2 et 7) ne sont débarquées qu'en sous-palan.
3. Le transport des marchandises à l'intérieur du domaine public portuaire ne peut-être fait qu'avec l'escorte du véhicule de sécurité.
4. De nombreuses modifications ont été apportées aux articles du décret exécutif  $n^0$  02-01 qui ne permettent pas dans la pratique, une bonne prise de décision de la part des responsables, particulièrement du moment auquel les clients devraient déclarer la marchandise dangereuse au service compétent. Ce temps a été réduit à 8 heures, alors que l'article stipule qu'il doit être fait 72 heures avant et confirmé 24 heures précédant l'arrivée du navire en rade ; et parfois même, le document est délivré après l'accostage du navire, pour divers raisons qui incombent au déclarant.
5. La délimitation du périmètre de sécurité n'est appliquée qu'aux navires transportant des hydrocarbures, alors qu'il n'est jamais déployé dans le cas des navires transportant les marchandises conteneurisées et sur palettes.

## 1.11 Entreposage et Séparation entre les classes des Marchandises Dangereuses

Les marchandises classées comme dangereuses par le « Code Maritime International des Marchandises Dangereuses » (OMI), doivent être entreposées suivant la table de ségrégation présentée dans la figure Fig 1.6. Cette séparation répond à une obligation de sécurité de haut niveau. Les différentes matières des diverses classes, en cas d'interactions, conduisent à des réactions risquées, produisant des incidents graves engendrant des pertes matériels et humaines. Au sein du centre, seul quelques classes sont présentes, de ce fait, la table peut être ajustée et donc réduite au stricte nécessaire.[10]

Le tableau la figure Fig 1.6 indique les dispositions générales applicables à la séparation entre elles des diverses classes de marchandises dangereuses.

Classe		2.1	2.2	3	4.1	4.2	4.3	5.1	6.1	8	9
Gaz inflammables	2.1	X	X	2	1	2	X	2	X	1	X
Gaz non toxiques, ininflammables	2.2	X	X	1	X	1	X	X	X	X	X
Liquides inflammables	3	2	1	X	X	2	1	2	X	X	X
Solides inflammables, y compris les matières auto réactives et les matières explosibles désensibilisées solides	4.1	1	X	X	X	1	X	1	X	1	X
Matières sujettes à l'inflammation spontanée	4.2	2	1	2	1	X	1	2	1	1	X
Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables	4.3	X	X	1	X	1	X	2	X	1	X
Matières comburantes (agents)	5.1	2	X	2	1	2	2	X	1	2	X
Matières toxiques	6.1	X	X	X	X	1	X	1	X	X	X
Matières corrosives	8	1	X	X	1	1	1	2	X	X	X
Matières et objets dangereux divers	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

FIGURE 1.6 – Table de ségrégation

avec :

Les chiffres et les symboles correspondent aux expressions ci-après, qui sont définies

dans le code IMDG :

- 1 : « Loin de »
- 2 : « Séparé de »
- 3 : « Séparé par un compartiment ou une cale complet de »
- 4 : « Séparé longitudinalement par un compartiment ou une cale intermédiaire complet de »
- X : Les dispositions relatives à la séparation des matières figurent, le cas échéant, dans la liste des marchandises dangereuses.
- Il convient également de tenir compte d'une étiquette de risque subsidiaire pour la séparation des matières.

**Caractéristiques des classes admises :**

- Classe 2.2 : ne doit être mise près des classes 3 et 4.2.
- Classe 3 : doit être séparé de la 2.1 ; 4.2 et des comburant 5.1.
- Classe 4 : doit être séparé des mêmes classes que la 3.
- Classe 5.1 : doit être séparé de tout ce qui est inflammable, classe 2.1 ; 3 ; 4.2 ; 4.3 et des corrosifs.
- Classe 6.1 : ne doit être mise près de la 4 et la 5.1.
- Classe 8 : loin des inflammables et séparé de la 5.1.
- Classe 9 : ne présente aucune interdiction particulière de séparation avec d'autres classes, mais reste indépendante à la caractéristique du produit.

Ces caractéristiques ne font référence qu'aux risques les plus importants, ayant une grande probabilité d'engendrer des sinistres au sein du port de bejaïa.

## **1.12 Plan de séparation des marchandises dangereuses adopté par CTMD**

Ce présent plan répond à une nécessité de diviser les classes autorisées et de matérialiser les emplacements distribués en zones, afin de permettre une meilleure localisation, une bonne prise de décision et la lutte contre les sinistres.

Il est réalisé en prenant en compte les paramètres suivants :

- Le taux de rotation des marchandises par classes.
- Le déplacement des moyens de manutention à l'intérieur du centre.
- La surface limitée du centre.
- Les installations de lutte contre les sinistres .
- Les dimensions des conteneurs .
- L'utilisation des hangars.

La Fig.1.7 illustre le plan de séparation adopté actuellement par le CTMD. Il s'agit d'un centre qui contient 6 classes de marchandises dangereuses déposées selon un plan de séparation prédéfini et qui satisfait un certain nombre de critères de sécurité. Nous tenons à signaler que c'est ce plan de séparation qui fera l'objet de notre problématique

traité ultérieurement. Notre tâche consiste à proposer un autre plan de séparation des marchandises dangereuses qui minimise le nombre des zones d'une part et respecte les critères de sécurité qui régissent la disposition de ces marchandises d'autre part.

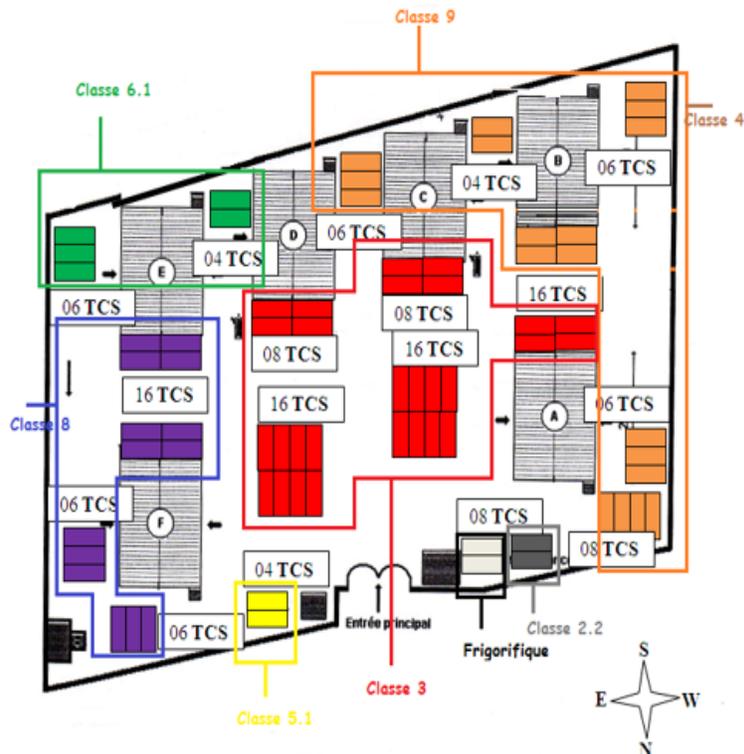


FIGURE 1.7 – Plan de séparation et de matérialisation des classes au CTMD.

## 1.13 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise portuaire de Béjaia, ses différents départements et services. On s'est intéressé particulièrement au centre de transit des marchandises dangereuses (CTMD) qui fait l'objet de notre étude. Nous avons énuméré les caisses des marchandises dangereuses transitées par le centre et présenté le plan de séparation de ces marchandises utilisé par le CTMD pour éviter les éventuels incidents ou problèmes de sécurité. Dans le chapitre suivant, nous allons donner un rappel sur les graphes car ces derniers sont utilisés par la suite pour résoudre notre problématique visée dans ce travail.

## Chapitre 2

# Rappels théoriques sur les graphes

## 2.1 Introduction

Un graphe permet de représenter la structure, les connexions d'un ensemble complexe en exprimant les relations entre ses éléments : réseau de communication, réseaux routiers, interaction de diverses espèces animales, circuits électriques,...etc ,Les graphes constituent donc une méthode de pensée qui permet de modéliser une grande variété de problèmes en se ramenant à l'étude de sommets et d'arcs.

Dans ce chapitre, nous allons présenter un rappel sur la théorie des graphes. Ce rappel est nécessaire car les graphes seront utilisés dans notre travail pour résoudre la problématique posé. En plus, nous allons présenter les différentes méthodes de résolution des problèmes basées sur la coloration. C'est cette dernière technique que nous avons appliqué pour résoudre notre problème qui est la minimisation du nombre des classes on de zones de marchandises dangereuses.

## 2.2 Définition d'un graphe

Un graphe  $G$  est constitué d'un ensemble  $V$  fini d'éléments  $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$  appelées sommets, et d'une famille  $E$  de paires distinctes de  $V$  ; appelées arêtes.

Le nombre de sommets du graphe  $G$  est appelé ordre de  $G$ . On note par  $V(G)$  l'ensemble des sommets et par  $E(G)$  l'ensemble des arêtes de  $G$ . par exemple,le graphe illustré dans la figure Fig 2.1.[9]

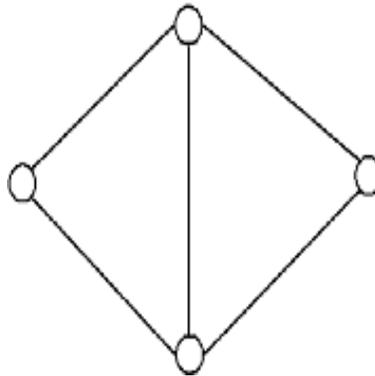


FIGURE 2.1 – Graphe G

Ce graphe est composé de quatre sommets et cinq arêtes.

## 2.3 Conception d'un graphe

### 2.3.1 Relation d'adjacence

Dans un graphe  $G$ , une arête  $e$  reliant un sommet  $u$  à un sommet  $v$  est notée par  $uv$  et dans ce cas on dit :

- $u$  et  $v$  sont adjacents.
- $u$  et  $v$  sont les extrémités de  $e$ ;  $e$  incidente à  $u$  et  $v$ .
- Deux arêtes sont dites adjacentes si elles sont incidentes à un même sommet.

### 2.3.2 Voisinage d'un sommet

Si  $uv \in E$ , on dit que  $u$  est voisin de  $v$  et vice versa, On note  $N(u)$  l'ensemble de tous les voisins de  $u$  :

$$N(u) = \{v \in V / uv \in E\}$$

De même on définit un voisinage fermé comme suit :

$$N(u) = \{v \in V / uv \in E\} \cup \{u\}$$

Un sommet est dit pendant s'il est de degré 1.

### 2.3.3 Degré d'un sommet

On appelle degré d'un sommet  $u \in V(G)$ , et on note  $d_G(u)$ , le nombre d'arêtes incidentes à  $u$ .  $d_G(u) = |N(u)|$  et on note :

$$\delta(G) = \min_{u \in V} d_G(u) \text{ (Deg. minimum de } G)$$

$$\Delta(G) = \max_{u \in V} d_G(u) \text{ (deg. maximum de } G)$$

### 2.3.4 Chaînes et cycles

- Une chaîne entre deux sommets  $u$  et  $v$  d'un graphe  $G$  est une suite de sommets  $u = u_1, u_2, \dots, u_K = v$ ; dont deux sommets consécutifs sont adjacents.
- Une chaîne reliant deux sommets  $u$  et  $v$  de  $G$  sera dite une  $(u, v)$ -chaîne.
- Une chaîne simple est une chaîne qui n'utilise pas deux fois la même arête.
- Une chaîne élémentaire est une chaîne qui n'utilise pas deux fois le même sommet.
- La longueur d'une chaîne est le nombre d'arêtes qui constitue cette chaîne.

- On appelle un cycle dans un graphe  $G$ , une chaîne simple dont les extrémités sont confondues.
- Un graphe qui possède un cycle d'ordre trois est dit graphe triangulé.
- Une chaîne hamiltonien (resp. cycle hamiltonien) est une chaîne (resp. cycle) utilisant tous les sommets une et une seule fois.
- Un graphe  $G = (V, E)$  possède un cycle hamiltonien est dit graphe hamiltonien.
- Une chaîne eulérien (resp. cycle eulérien.) est une chaîne (resp. cycle) utilisant toutes les arêtes une et une seule fois.
- Un graphe  $G = (V, E)$  qui possède un cycle eulérien est dit graphe eulérien.[1]

### 2.3.5 Couplage

Un couplage d'un graphes  $G = (V, E)$  est un sous ensemble d'arêtes  $M \in E$  deux à deux non adjacentes.

Un sommet  $u$  est saturé par un couplage  $M$ , s'il existe une arête de  $M$  incidente à  $u$ , Un couplage qui sature tous les sommets de  $G$  est appelé couplage parfait.

### 2.3.6 Clique

Une clique dans un graphe est un ensemble de sommets tous reliés 2 à 2. La taille de la plus grande clique dans un graphe  $G$  se note  $\omega(G)$ .

### 2.3.7 Sous-ensemble stable

Soit  $G = (V, E)$  un graphe; Un sous-ensemble  $v$  de  $V$  est stable s'il ne comprend que des sommets non adjacents deux à deux. Le cardinal de la plus grande partie stable est le nombre de stabilité de  $G$ ; on le note  $\alpha(G)$ .

## 2.4 Opérations sur les graphes

### 2.4.1 Somme cartésienne de deux graphes

On appelle somme cartésienne de deux graphes  $G = (V(G), E(G))$  et  $H = (V(H), E(H))$ , notée  $G + H$ . le graphe dont l'ensemble des sommets est le produit cartésien  $V(G) \times V(H)$  et où deux sommets  $(u, u')$  et  $(v, v')$  sont adjacents si et seulement si l'une des propriétés suivantes est vérifiée [8] :

- $u = v$  et  $u'v' \in E(H)$  ou
- $uv \in E(G)$  et  $u' = v'$ .

la figure. 2.2 montre la somme cartésienne de  $H = k_2 + k_4$  :

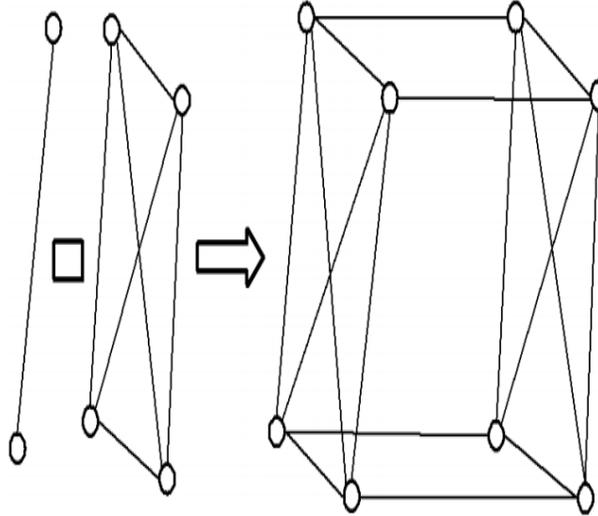


FIGURE 2.2 – Somme cartésien de deux graphes

On note que le nombre de sommets dans  $G+H$  est  $|V(G)| \cdot |V(H)|$  , et que le nombre d'arrêtes est :

$$|V(G)| \cdot |E(H)| + |V(H)| \cdot |E(G)|.$$

### 2.4.2 Produit cartésien de deux graphes

Le produit cartésien de deux graphes  $G = (V(G), E(G))$  et  $H = (V(H), E(H))$  est le graphe noté  $G \times H$  ou  $V(G \times H) = V(G) \times V(H)$  .

Deux sommets  $(u, v)$  et  $(u', v')$  sont adjacents si et seulement si  $uu' \in E(G)$  et  $vv' \in E(H)$  [8]. Le graphe 4.3 illustre le produit cartésien de deux graphes  $G$  et  $H$  .

### 2.4.3 Homomorphisme de graphe

Soient  $G = (V, E)$  et  $G' = (V', E')$  deux graphes. Un homomorphisme de  $G$  dans  $G'$  est une application [11] :

$$f : V \longrightarrow V'$$

tel que :

$$uv \in E : f(u)f(v) \in E'.$$

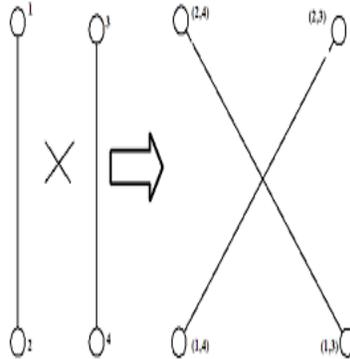


FIGURE 2.3 – Produit cartésien de deux graphes

### 2.4.4 Distance

Etant donné deux sommets  $u$  et  $v$  d'un graphe  $G = (V, E)$ , on appelle distance entre  $u$  et  $v$

la longueur d'une plus courte  $(u, v)$ -chaîne, une telle distance est notée  $d_G(u, v)$  (ou  $d(u, v)$  s'il n'y a pas de confusion).

- L'excentricité d'un sommet  $u$  notée  $e_G(u)$  (ou  $e(u)$  s'il n'y a pas de confusion) est le nombre suivant :  $e(u) = \max_{v \in V(G)} d(u, v)$ .
- Le diamètre de  $G$  noté  $D(G)$  (ou  $D$  s'il n'y a pas de confusion) est la plus grande excentricité :  $D(G) = \max_{u \in V} [e(u)]$ .
- Le rayon de  $G$  noté  $R(G)$  (ou  $R$  s'il n'y a pas de confusion) est la plus petite excentricité :  $R(G) = \min_{u \in V} [e(u)]$ .
- Le centre de  $G$  est l'ensemble des sommets de  $G$  dont l'excentricité est égale au rayon.

## 2.5 Connexité d'un graphe

### 2.5.1 Graphe connexe et composante connexe :

Un graphe  $G$  est connexe s'il existe une chaîne entre toutes paires de sommets de  $G$ .

Si  $G$  n'est pas connexe, alors il existe peut-être des sous-graphes de  $G$  connexes appelés composantes connexes de  $G$ .

Le graphe illustré dans la figure Fig 2.4 représente un graphe connexe, tandis que le graphe de la figure Fig 2.5. représente la composante connexe du graphe  $G$ .

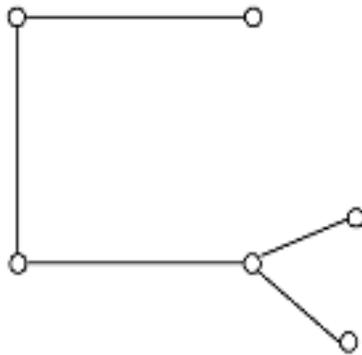


FIGURE 2.4 – Graphe connexe

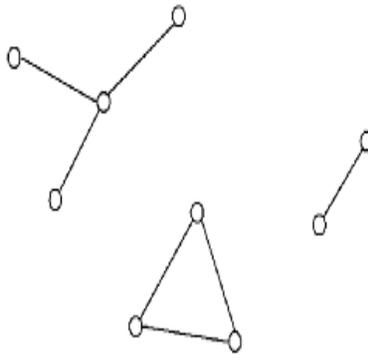


FIGURE 2.5 – Graphe à 3 composantes connexe

### 2.5.2 Isthme :

Dans un graphe connexe ; un isthme est une arête dont la suppression crée deux composantes ayant chacune au moins une arête.

Par exemple, dans la figure Fig2.6, la suppression de l'arête  $e$  crée deux composantes connexes.

### Exemple :

L'arête  $e$  est un isthme car sa suppression crée deux composantes connexes.

## 2.6 Quelques graphes particuliers

Dans cette section, nous allons présenter un certain nombre de graphes dits particuliers à cause des propriétés qui les caractérisent.

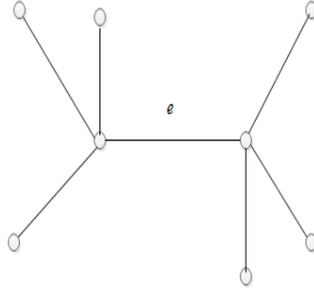


FIGURE 2.6 – Isthme

### 2.6.1 Graphe simple

Un graphe  $G$  est dit simple si tous ses sommets sont sans boucle et entre chaque pair de sommets il y a au plus une arête.

### 2.6.2 P-graphe

Un p-graphe est un graphe dans lequel il n'existe jamais plus de  $p$  arêtes de la forme  $(i, j)$  entre deux sommets quelconques.

### 2.6.3 Graphe biparti

Un graphe  $G = (V, E)$  est dit biparti s'il existe une partition de l'ensemble des sommets de  $G$  en deux sous-ensemble  $V_1$  et  $V_2$  tel que toutes arêtes de  $G$  a une extrémité dans  $V_1$  et l'autre extrémité dans  $V_2$ . Si de plus  $|V_1| = |V_2|$ ,  $G$  est dit biparti équilibré (balancé). Un graphe biparti  $G = (V_1, V_2; E)$  est complet si tous sommets de  $V_1$  est adjacent à tous sommets de  $V_2$ . Un tel graphe est noté  $K_{p, q}$  avec  $q = |V_2|; p = |V_1|$

### 2.6.4 Graphe complet

Un graphe  $G = (V, E)$  est dit complet si tous les sommets sont deux à deux adjacents, le graphe complet à  $n$  sommet est noté  $K_n$ .

### 2.6.5 Sous graphe

Soit  $G = (V, E)$  alors un graphe  $G' = (V', E')$  est dit sous-graphe de  $G$  si l'ensemble des sommets  $V'$  inclut dans  $V$  et l'ensemble des arêtes  $E'$  est formé par toutes les arêtes de  $E$  dont les extrémités sont dans  $V'$ . De plus si  $V = V'$  on dit que  $G' = (V', E')$  est un graphe partiel de  $G$ .

Le complémentaire du graphe  $G$  est le graphe  $\overline{G}$  où  $V(\overline{G}) = V(G)$  et on relie deux sommets de  $\overline{G}$  par une arête si et seulement s'ils ne sont pas adjacents dans  $G$ .

### 2.6.6 Graphe K-régulier

Un graphe  $G = (V, E)$  est dit  $k$ -régulier si :  $\forall v \in V$  on a  $d_G(v) = k$ .

### 2.6.7 Graphe planaire

Un graphe  $G$  est planaire si on peut le dessiner sur un plan sans qu'aucune arête ne se croise. Une application à ce type de graphe est le dessin de circuits électroniques.

### 2.6.8 Graphe équilibré

Un graphe  $G$  est équilibré s'il est biparti et si chaque ensemble de la bipartition est de même taille.

Les graphes ayant des cycles de longueur paire, i.e. les graphes bipartis complets, pour lesquels  $p = q$ , sont des exemples de graphes équilibrés.

### 2.6.9 Graphe valué ou pondéré

On dit que un graphe est valué, si on peut affecter des valeurs aux arrêtes, les valeurs représentent, soient : coût, probabilité...etc.

### 2.6.10 Arbre

Un arbre est un graphe connexe sans cycle .Un tel arbre est noté  $T$ .

## 2.7 Représentation des graphes

Un certain nombre de représentations existent pour décrire un graphe. En particulier, elles ne sont pas équivalentes du point de vue de l'efficacité des algorithmes. On distingue principalement la représentation par matrice d'adjacence, ou la représentation par matrice d'incidence

### 2.7.1 Matrice d'adjacence

Soit  $G = (V, E)$  un graphe, avec  $|V| = n$  On appelle matrice d'adjacence, la  $n \times n$  matrice booléenne suivante :

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si il existe au moins une arête de } v_i \text{ vers } v_j, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (2.1)$$

### 2.7.2 Matrice d'incidence sommets-arêtes

Soit  $G = (V, E)$  un graphe, avec  $|V| = n$  et  $|E| = m$ .

On appelle matrice d'incidence sommets-arêtes, la matrice définie comme suit :

$$e_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } e_i \text{ est une extrémité de } e_j, \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (2.2)$$

## 2.8 Coloration des sommets d'un graphe

Dans cette section, nous allons présenter la méthode de la coloration des graphes et par la suite dans ce chapitre suivant, nous allons expliquer comment appliquer cette méthode pour résoudre notre problème de la détermination de l'emplacement des marchandises dangereuses tout en minimisant le nombre de classe.

### 2.8.1 Définition de la coloration

Colorer un graphe consiste à affecter une couleur à chacun de ses sommets de façon à ce que deux sommets adjacents ne portent pas la même couleur, et que chaque sommet ne peut porter qu'une seule couleur. On peut aussi définir une coloration d'un graphe de la manière suivante :

Une coloration d'un graphe  $G = (V, E)$  est une fonction  $v$  dans  $c(v)$  associant à tout sommet  $v \in V$  une couleur  $c(v)$ , en s'assurant que  $c(v) \neq c(u)$  pour toute arête  $[u; v] \in E$

- Une coloration utilisant  $k$  couleurs est appelée une  $k$ -coloration.
- Une coloration des sommets d'un graphe avec  $k$  couleur est aussi une partition de l'ensemble des sommets en  $k$  stables.

Il nous sera parfois commode de numéroter les couleurs d'une  $k$ -coloration de 1 à  $k$ , ou encore plus simplement de considérer que l'ensemble de couleurs est l'ensemble  $\{1, \dots, k\}$ . On peut toujours colorier les sommets d'un graphe : il suffit d'attribuer à chaque sommet une couleur différente ; la coloration est valide et le nombre de couleurs utilisées est dans ce cas est l'ordre du graphe considéré. L'existence de coloration des sommets est donc triviale. En revanche, et les exemples l'ont suggéré, le problème consiste à déterminer le plus petit entier  $k$  tel que le graphe  $G$  est  $k$ -coloriable, on parle alors d'une coloration optimale du graphe  $G$ .

### 2.8.2 Nombre chromatique

Etant donné un graphe  $G$ , le nombre chromatique noté  $\gamma(G)$ . est défini par le plus petit nombre de couleurs nécessaires qu'on peut affecter aux sommets de  $G$ .

### 2.8.3 Types de coloration

Il existe deux types de coloration qui sont la coloration simple et  $k$ -équitable

**Coloration simple :** Soit  $G = (V, E)$  un graphe simple, une coloration simple est une coloration des sommets, tel qu'il existe un nombre de sommet colorier par une couleur donnée qui soit différent au moins a un seul nombre de sommets colorier par une autre couleur.

**Exemple** Le nombre de sommet colorié par la couleur 1 est différent du nombre de sommets colorié par 2, on dit que  $G$  est 3 colorable.

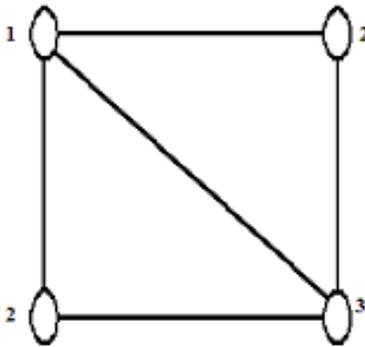


FIGURE 2.7 – Coloration simple

**Coloration  $K$ -équitable :** Soit  $G = (V, E)$  un graphe donné, une coloration  $K$ -équitable est une coloration des sommets du graphe  $G$  vérifiant :

1. Le graphe  $G$  est  $k$ -colorable.
2.  $\forall (i, j) \in \{1, \dots, k\}$ , le nombre de sommets colories par la couleur  $i$  est égale au nombre de sommets colories par la couleur  $j$ .

Le nombre de sommet colorier par la couleur 1 est égale au nombre de sommets colorier par la couleur 2, on dit alors le graphe  $G$  est 2-équitable. présenté par la Fig 2.8

### 2.8.4 Nombre chromatique de quelques types de graphes

- Si un graphe a  $h$  composantes connexes, son nombre chromatique est le plus grand des nombres chromatiques de ces  $h$  composantes. L'étude du nombre chromatique peut donc se restreindre à celle du nombre chromatique des graphes connexe.
- Le nombre chromatique d'un arbre d'ordre  $n \geq 2$  est 2.

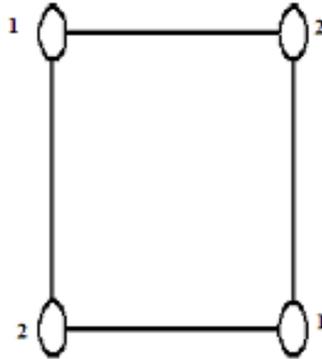


FIGURE 2.8 – Coloration 2-équitable

- Le nombre chromatique d'un cycle d'ordre pair est 2 et d'ordre impair est 3.
- Le nombre chromatique d'une roue ayant un nombre pair de sommets est 4.
- Le nombre chromatique d'une étoile d'ordre  $n \geq 2$  est 2.
- Le nombre chromatique d'un graphe sans cycle ayant au moins une arête est 2. En effet, le nombre chromatique d'un graphe est le maximum des nombres chromatiques de ses composantes connexes, qui sont ici des arbres.
- Tout graphe complet d'ordre  $n \geq 2$  est  $n$ -colorer.[6]

### **Théorème des quatre couleurs (K. Appel et W. Haken 1976)**

N'importe quelle carte géographique peut être coloriée avec quatre couleurs, Le théorème des quatre couleurs est utilisé dans les graphes planaires.

- Etant donné que les sommets d'une clique doivent tous avoir des couleurs différentes, on déduit que le nombre chromatique  $\gamma(G)$  de  $G$  ne peut pas être inférieur à  $\omega(G)$ . Il peut être par contre strictement supérieur, comme c'est le cas par exemple pour le pentagone. En effet, il faut  $\gamma(G) = 3$  couleurs pour colorier ses sommets alors que  $\omega(G) = 2$ .

### **2.8.5 Encadrement du nombre chromatique**

Pour tout graphe  $G$  d'ordre  $n$  on a évidemment  $X(G) \leq n$ . On peut sans difficulté donner une autre majoration nettement meilleure.

#### **Propriété**

Soit  $G$  un graphe quelconque et  $\Delta(G)$  le degré maximum d'un de ses sommets. Alors :  $\gamma(G) \leq \Delta(G) + 1$

On remarque que si  $n$  est l'ordre de  $G$ , on a toujours  $\Delta(G) + 1 \leq n$ , et la majoration proposée est donc plus fine que la majoration triviale par l'ordre du graphe.

Cette majoration du nombre chromatique d'un graphe en fonction de son degré maximum est la plus meilleure possible en général puisqu'il y a égalité pour les graphes complets et pour les seuls le '+1' soit nécessaire. C'est pourtant ce qu'affirme le résultat qui suit.

**Théorème de Brooks(1941)**

Pour tout graphe  $G$  connexe qui n'est ni un graphe complet ni un cycle impair, on a :  $\gamma(G) \leq \Delta(G)$

**Proposition :**

Soit  $G = (V, E)$  un graphe simple, et  $\alpha(G)$  le nombre de stabilité de  $G$ , alors :  $\gamma(G) \leq \alpha(G)$

On peut également minorer  $\gamma(G)$  par une constatation simple :

si  $p$  sommets de  $G$  sont adjacents deux à deux, c'est-à-dire si le sous graphe qu'ils engendrent est complet, toute coloration de  $G$  leur attribuera des couleurs toutes différentes . On notant  $\omega(G)$  l'ordre maximum d'un sous- graphe complet de  $G$ , on a ainsi :

$$\gamma(G) \geq \omega(G)$$

On résumé , pour tout graphe  $G$  d'ordre  $n$ , on a :

$$\omega(G) \leq \gamma(G) \leq \Delta(G) + 1 \leq n$$

**Proposition :**

Soit  $G = (V, E)$  un graphe simple d'ordre  $n$ . On a l'encadrement suivant :

$$n/\alpha(G) \leq \gamma(G) \leq \Delta(G) + 1$$

ou  $\Delta(G)$  est le degré maximal des sommets du graphe.

**Proposition :**

Soit  $G = (V, E)$  un graphe simple d'ordre  $n$ . Alors :

$$\gamma(G) + \alpha(G) \leq n + 1$$

**2.8.6 Algorithmes de coloration**

Le problème de la détermination du nombre chromatique d'un graphe  $G$  est difficile à résoudre. Les meilleurs algorithmes exacts connus à ce jour ne permettent pas de déterminer le nombre chromatique de graphes ayant plus de 100 sommets. Ces problèmes peuvent par contre être plus faciles pour certaines familles de graphes.

Par exemple, pour un graphe biparti comportant au moins une arête, on sait que  $\gamma(G)=2$  puisqu'on peut attribuer une couleur à l'une des parties de la partition de  $V$ , et une autre couleur à la deuxième partie. Pour un gros graphe quelconque, on n'a pas d'autre choix que de recourir à quelques algorithmes qui donnent pas forcément Le nombre chromatique mais donnent des solutions de qualité raisonnable en des temps raisonnables.

### Algorithme de coloration de WELSH et POWELL

Il s'agit d'un algorithme qui s'exécute en trois étapes qui sont :[2]

#### Etape 1 :

- Ordonner les sommets selon l'ordre décroissant de leur degré ;
- Donner à chaque sommet, son numéro d'ordre dans la liste obtenue ;

#### Etape 2 :

- Parcourir la liste dans l'ordre en attribuant une couleur non encore utilisée, au premier sommet non encore Coloré ;
- Attribuer cette même couleur en suivant la liste à chaque sommet non encore coloré et non adjacent à un sommet de cette couleur ;

#### Etape 3 :

- Revenir à l'étape 2, tant qu'il reste des sommets non colorés ;
- Sinon s'arrêter : la coloration du graphe est terminée.

#### Exemple :

Soit le graphe suivant :

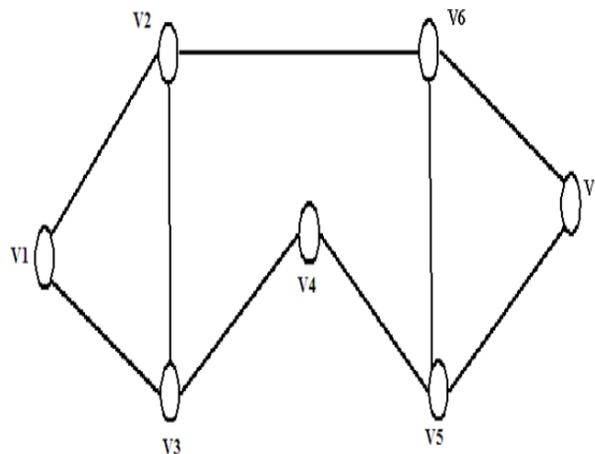


FIGURE 2.9 – Exemple

Le tableau 2.1 donne l'ordre décroissant du degré des sommets ainsi que leur colorations associés :

sommets	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$
degée	1	3	2	5	2	4	3	2
ordre	8	3	5	1	6	2	4	7

TABLE 2.1 – Ordre des sommets

On a attribué au sommet  $V_4$  qui a le plus haut degré, la couleur 1 et on a donné cette couleur aux sommets  $V_8, V_1$  qui ne sont ni adjacent à  $V_4$  ni adjacent entre eux.

Ainsi on parcourt la liste selon le degré décroissant, alors on donne la couleur 2 au sommet  $V_6$ , ainsi à  $V_2$  qui est un sommet non adjacent à  $V_6$ ; Et aussi on donne la couleur 3 à  $V_7$  ainsi à  $V_3$  et  $V_5$ . Alors le nombre chromatique est inférieur ou égal à 3.

Le graphe colorié est donné par la Figure 2.10;

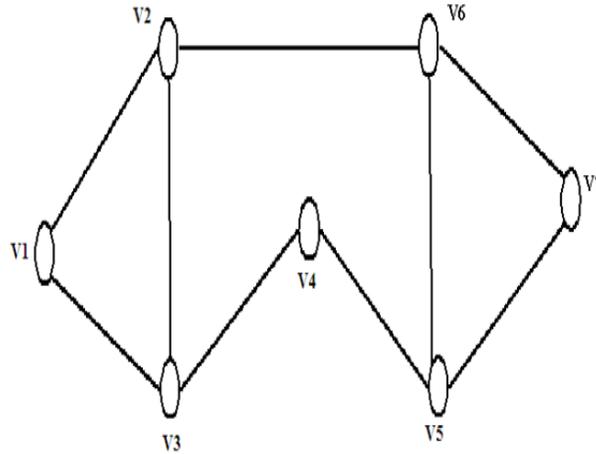


FIGURE 2.10 – Graphe colorié

## 2.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné quelques notions et concepts liés aux graphes. Particulièrement, l'action a été mise sur la méthode de coloration que nous allons appliquer dans le chapitre suivant pour résoudre le problème de la minimisation du nombre de classes des marchandises dangereuses.

Dans le chapitre suivant, nous allons montrer comment appliquer la méthode de coloration pour déterminer le nombre minimale de zones utilisables pour ranger les différentes classes de marchandises dangereuses de façon à respecter les critères de sécurité.

## Chapitre 3

### Modélisation du problème en utilisant la coloration des graphes

### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons un modèle mathématique théorique pour modéliser le problème de l'emplacement des classes de marchandises dangereuses. et nous proposons également un algorithme permettant de résoudre le problème de stockage des marchandises dangereuse dans un parc de CTMD.

Dans toute approche mathématique de résolution, la modélisation d'un problème donnée en termes de problème des théories de graphe, Les problèmes proposés qui permet la coloration des graphes intervient également pour les problèmes d'optimisation avec contraintes (planning, incompatibilités), la résolution pouvant le plus souvent être faite sans recours à des algorithmes de résolutions de certains problèmes sont absolument nécessaires.

Le problème de l'emplacement des marchandises dangereuses à l'intérieur du CTMD réside dans la manière de leur entreposage et les exigences de leur ségrégation pour minimiser les risques éventuels qui peuvent être engendrés par une mauvaise manipulation.

En tenant compte de la nature de ces marchandises qui doivent être entreposées à l'intérieur des installations spéciales d'entreposage. Ce problème peut donc se ramener à un problème de l'emplacement des classes qui consiste à trouver un plan de séparation ente les classes des produits dangereuses optimales. Dans ce chapitre, nous allons utiliser la technique de de la coloration des graphes pour résoudre le problème de la séparation des classes des marchandises dangereuses.

### 3.2 Position du problème

Le problème posé ici est de concevoir une méthode basée sur la théorie des graphes, permettant de gérer de manière optimale les classes des marchandises dangereuse à l'intérieur du CTMD, en assignant à chaque classe de marchandise dangereuses un emplacement approprié dans ce parc, qui tient compte de la compatibilité entre les classes .

En outre, cette méthode doit déterminer le minimum des zones dans la surface totale du CTMD occupé. En appliquant la méthode de coloration sur les graphes pour obtenir le nombre minimum de Couleurs qui signifie le nombre optimal de zones pour placer les classes des marchandises dangereuses d'une manière différent, consiste à désigne éventuellement les emplacements à assigner à chaque nouveau arrivage des conteneurs.

### 3.3 Plan actuel de séparation des marchandises dangereuses adopté par CTMD

- **L'utilisation des hangars :** Les 6 hangars (de A à F) ont été construits dans le but de contenir des marchandises transportées sur palettes. Cependant, la tendance s'est tournée vers l'utilisation de conteneurs pour des raisons qui peuvent être financières et/ou ergonomiques. Ainsi, l'entreposage en hangar devient de plus en plus rare.

Malgré cela, dans une démarche de rentabilité et d'amortissement de l'investissement, chacun sera destiné à servir pour y garder différents type de marchandises.

- **Air libre** :surface de stockage à l'air libre, il comporte les mêmes caractéristiques que le hangar.
- **Les classes** :les marchandises dangereuses (MD) sont celles définies par le code IMDG , Chaque classe engendre des sinistres différents, tel que les incendies, les déversements, les pollutions, les explosions ...etc. En conséquence, les classes sont séparées en zones, pour permettre une prise en charge efficace des incidents, mais aussi une diminution des risques de propagation.

Dans le port de Béjaia le plan de séparation entre les classes des marchandises dangereuse qui divise la surface total de CTMD qu'il contient 144 conteneurs tel que cette division vérifie la compatibilité entre les marchandises dangereuse. Actuellement, les classes des produits au niveau de CTMD sont divisées en six zones, chaque zone est destinée à contenir les produits d'une classe.

La figure 3.1 présente le plan de séparation actuel adopté dans CTMD.

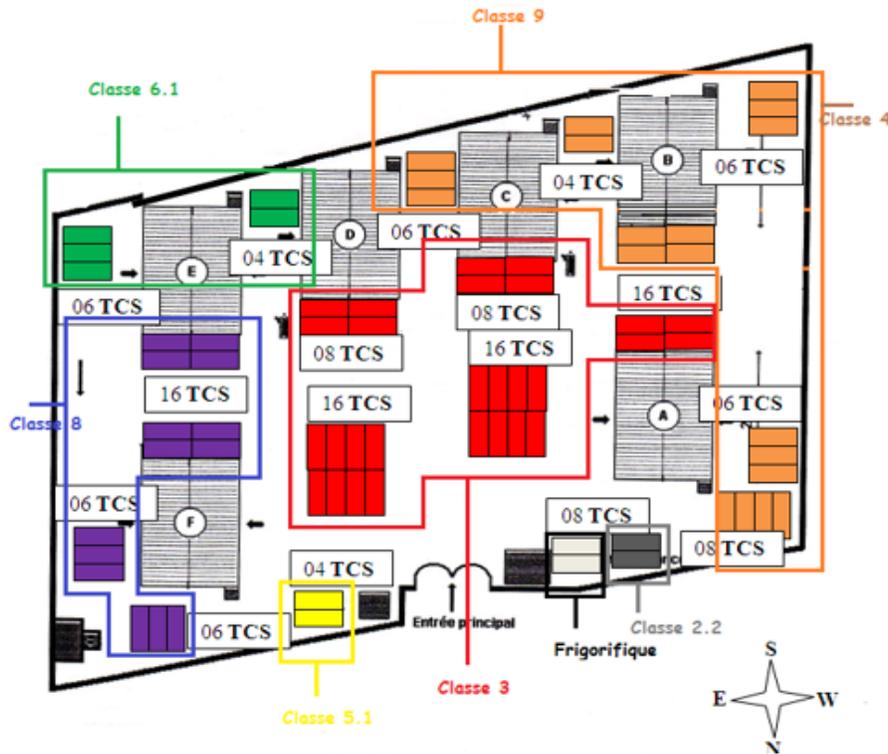


FIGURE 3.1 – Plan de séparation actuel adopté par le CTMD.

## 3.4 Plan de séparation des marchandises dangereuses proposé

Dans cette section, nous allons proposer un plan de séparation pour faciliter l'emplacement des marchandises dangereuses, nous présentons les différents procédés utilisés pour la résolution du problème posé.

Dans le cas général, ce problème est posé mettront en jeu les graphes simples, la résolution pouvant le plus souvent être faite sans recours à des algorithmes. On indiquera que pour des graphes complexes, des algorithmes de résolutions de certains problèmes sont absolument nécessaires.

### 3.4.1 Modélisation mathématique

Dans le modèle ci-dessous, nous avons utilisé les notions suivantes :

$V$  : l'ensemble des sommes correspondent aux diverses classes des marchandises dangereuses.

$V = \{ \text{Classe 2.2} = V_1 ; \text{Classe 3} = V_2 ; \text{Classe 4.2} = V_3 ; \text{Classe 5.1} = V_4 ; \text{Classe 6.1} = V_5 ; \text{Classe 8} = V_6 ; \text{Classe 9} = V_7 \}$

$E$  : l'ensemble des arrêts qui représentent les incompatibilités entre les classes.

$G = (V, E)$  : est le graphe non orienté composé d'un nombre fini de sommets et d'arrêtes.

### 3.4.2 Mode de représentation du graphe G

Afin de formuler le problème posé, on utilise les définitions et les notations suivantes :

- **La compatibilité** : l'entreposage et la ségrégation des marchandises dangereuses se fait selon leur natures définies par le code IMDG. Des directives sont données dans le tableau de ségrégation du chapitre 1 ; Pour décider du stockage des MD à l'air libre.
- **La ségrégation** : tout produit dangereux doit être séparé des autres produits pour éviter des réactions possibles entre les produits .

La ségrégation est représenté par une matrice d'adjacence appelée matrice de ségrégation et définit par la formule 3.1. Le tableau 3.1 représente la matrice d'adjacence issue du tableau de ségrégation.

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si les classe sont incompatible(1,2) dans le table de ségrégation,} \\ 0 & \text{si les classe sont compatible (x).} \end{cases} \quad (3.1)$$

Pour pouvoir appliquer la coloration des graphes, nous devons rendre le graphe G connexe, pour cela nous avons éliminé la classe 9.

Dans cette section nous présentons les différents procédés utilisées pour la résolution du problème posé. Dans le problème étudié, notre tâche consiste à déterminer un nombre

Classe	2.2	3	4.2	5.1	6.1	8	9
2.2	0	1	1	0	0	0	0
3	1	0	1	1	0	0	0
4.2	1	1	0	1	1	1	0
5.1	0	1	1	0	1	1	0
6.1	0	0	1	1	0	0	0
8	0	0	1	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0

TABLE 3.1 – Table de ségrégation

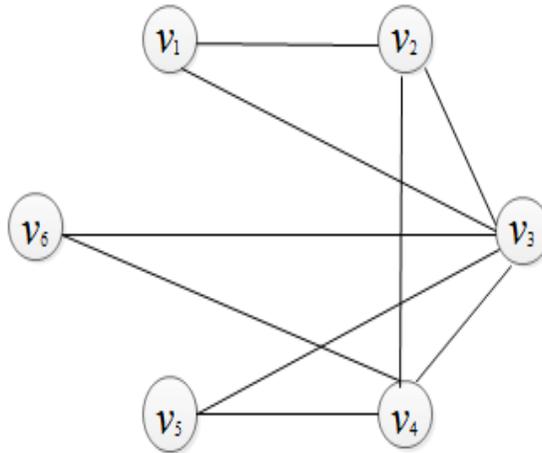


FIGURE 3.2 – Graphe associé

chromatique qui est similaire au nombre minimale des zones des classes des marchandises dangereuse dans CTMD.

### 3.4.3 Algorithme de résolution

Afin de résoudre le problème posé on utilise l'algorithme de Welsh et Powell, il s'agit d'un algorithme qui suit le principe de faire étape par étape un choix optimum local, dans l'espoir d'obtenir un résultat optimum global.

**Algorithme de coloration de Welsh et Powell :** Cet algorithme couramment utilisé permet d'obtenir une assez bonne coloration d'un graphe, c'est-à-dire une coloration n'utilisant pas un trop grand nombre de couleurs. Cependant, il n'assure pas que le nombre de couleurs utilisées soit minimum (et égal au nombre chromatique du graphe).[2]

**-Étape 1 :** Classer les sommets du graphe dans l'ordre décroissant de leur degré, et attribuer à chacun des sommets son numéro d'ordre dans la liste obtenue.

**-Étape 2 :** En parcourant la liste dans l'ordre, attribuer une couleur non encore utilisée au premier sommet non encore coloré, et attribuer cette même couleur à chaque sommet non encore coloré et non adjacent à un sommet de cette couleur.

**-Étape 3 :** S'il reste des sommets non colorés dans le graphe, revenir à l'étape 2. Sinon, la coloration est terminée.

Dans notre travail on appliquera cet algorithme sur le graphe 3.2

1. Classer les sommets du graphe dans l'ordre décroissant de leur degré.

sommets	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$
degée	2	3	5	4	2	2
ordre	4	3	1	2	5	6

TABLE 3.2 – Ordre des sommets

2. On colore  $V_3$  en rouge par exemple, puis dans l'ordre du tableau,  $V_4$  ne peut être coloré en bleu puisqu'il est adjacent à  $V_3$ . Il en est de même pour les sommets  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_5$  et  $V_6$
3. On reprend le premier sommet non coloré : il s'agit de  $V_4$ , on choisit de le colorer en vert, et de la même manière que pour le bleu, on peut colorer les sommets  $V_1$  parmi ceux non encore colorés.
4. Enfin, il reste le sommet  $V_2$  que l'on choisit bleu, ainsi que  $V_5$  et  $V_6$ .

Conclusion : on pourra mettre ensemble :

- Dans la Couleur rouge Contient la sommet  $V_3$
- Dans la Couleur verte Contient les sommets  $V_4, V_1$
- Dans la Couleur bleue Contient la sommet  $V_2, V_5, V_6$

On remarque également que le nombre chromatique est inférieure ou égal à 3, et on a trouvé 3 couleurs. Donc, c'est bien le minimum de couleurs.

Le graphe illustré dans la figure 3.3 représente le résultat de la coloration.

On a la classe 9 est compatible avec toutes les classes donc on peut placer cette classe au milieu des zones et aussi on utilise les hongres pour séparer les zones des marchandises dangereuses ;

En conclusion que le minimum cas possible des zones dans le CTMD est trois zones, chaque zones contient un certain nombre de classes des marchandises dangereuses.

### 3.4.4 Comparaison des résultats

Nous avons remarqué que le résultat obtenu par la méthode de coloration des graphes est que le nombre des zones est inférieure ou égale à trois avec chaque zone contient un

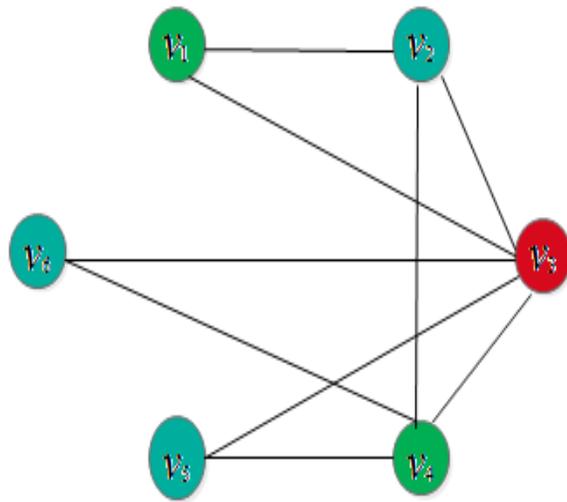


FIGURE 3.3 – Graphe Colorié

certain nombre des classes des marchandises dangereuses par contre le plan de séparation des marchandises dangereuses existant il contient 6 classes et chaque zone contient une classe,

Finalement on peut diviser la surface du CTMD en trois zones. (voir figure 3.3)

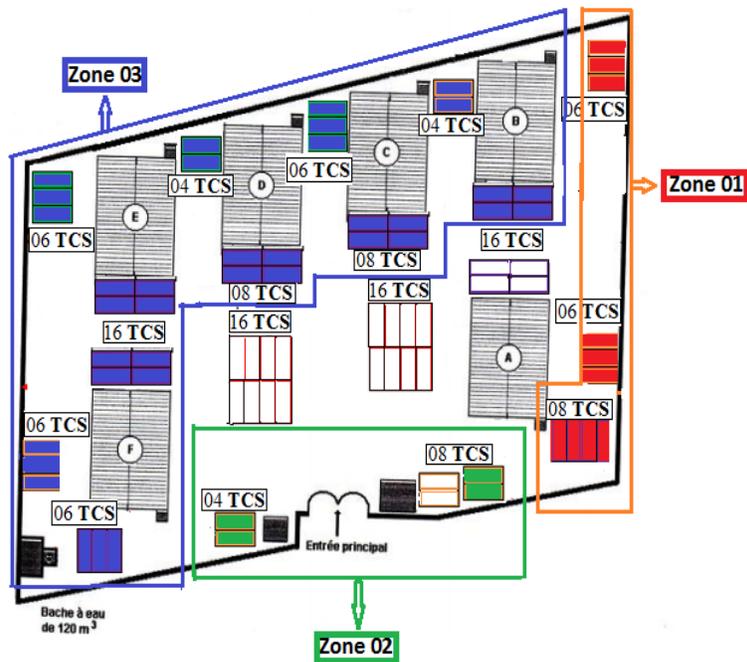


FIGURE 3.4 – Plan de séparation des marchandises dangereuses proposé.

- La zone 1 (couleur rouge) : contient la classe 4.2 .
- La zone 2 (couleur verte) : contient les classes 2.2 et 5.1 .
- La zone 3 (couleur bleue) : contient les classes 3 ; 6.1 et 8 .

## 3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqué la méthode de coloration pour découper la surface du CTMD en un nombre optimal de zones de telle sorte que chaque zone va contenir des classes de marchandises respectant la compatibilité de l'entreposage de ces classes.

Le plan de séparation résultant se compose de trois zones avec la possibilité de stocker une ou plusieurs classes compatibles dans la même zone. Nous constatons que le nombre de zones obtenu est nettement plus inférieur au nombre de zones actuellement utilisées qui est six zones. En plus, auparavant, chaque zone ne pourra contenir qu'une classe unique. Par contre, dans le plan proposé, une zone pourra contenir une ou plusieurs classes compatibles. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter une application qui permettra de déterminer l'emplacement des marchandises dangereuses en respectant la compatibilité entre les différentes classes.

## Chapitre 4

# Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD

## 4.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons utilisé la méthode de coloration pour déterminer le plan de séparation des marchandises dangereuses au niveau du CTMD. Le plan obtenu est constitué de trois zones qui peuvent contenir des classes de marchandises compatibles en termes de sécurité. Pour implémenter notre proposition, nous avons utilisé l'environnement de programmation Delphi, qui nous a permis d'implémenter les deux parties : interface et base de données. L'interface constitue le point d'accès à l'application par l'utilisateur pour exécuter les opérations courantes telles : la consultation et la mise à jour des données.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes parties de notre application, en particulier, les fenêtres qui permettent la manipulation de notre application et les états qui permettent d'imprimer les différents documents manipulés au sein du CTMD. Dans un premier lieu, nous allons donner un petit aperçu sur l'environnement de programmation Delphi, ensuite, nous allons décrire l'application.

## 4.2 Description de l'environnement du travail

L'environnement de programmation Delphi a été choisi à cause de la facilité de la programmation et la simplicité de la création de la base de données. Dans ce qui suit, nous allons décrire brièvement, la palette d'outils utilisée pour la création de l'interface, en suite, nous allons présenter l'utilitaire interbase qui permet la création de la base de données.

### 4.2.1 Interface principale de l'environnement de programmation Delphi

Comme il est illustré sur la figure 4.1, Delphi met à la disposition du programmeur une interface de programmation qui contient un ensemble de composant utilisés dans les programmes utilisateurs.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les différentes fenêtres qui composent l'interface principale. La figure 4.1 représente l'environnement de Delphi

Après l'exécution de Delphi, on constate que se compose de quatre fenêtre :

- **Fenêtre 1** : Menus est outil.
- **Fenêtre 2** : Inspecteur d'objet.
- **Fenêtre 3** : Fiche de conception.
- **Fenêtre 4** : Code source.

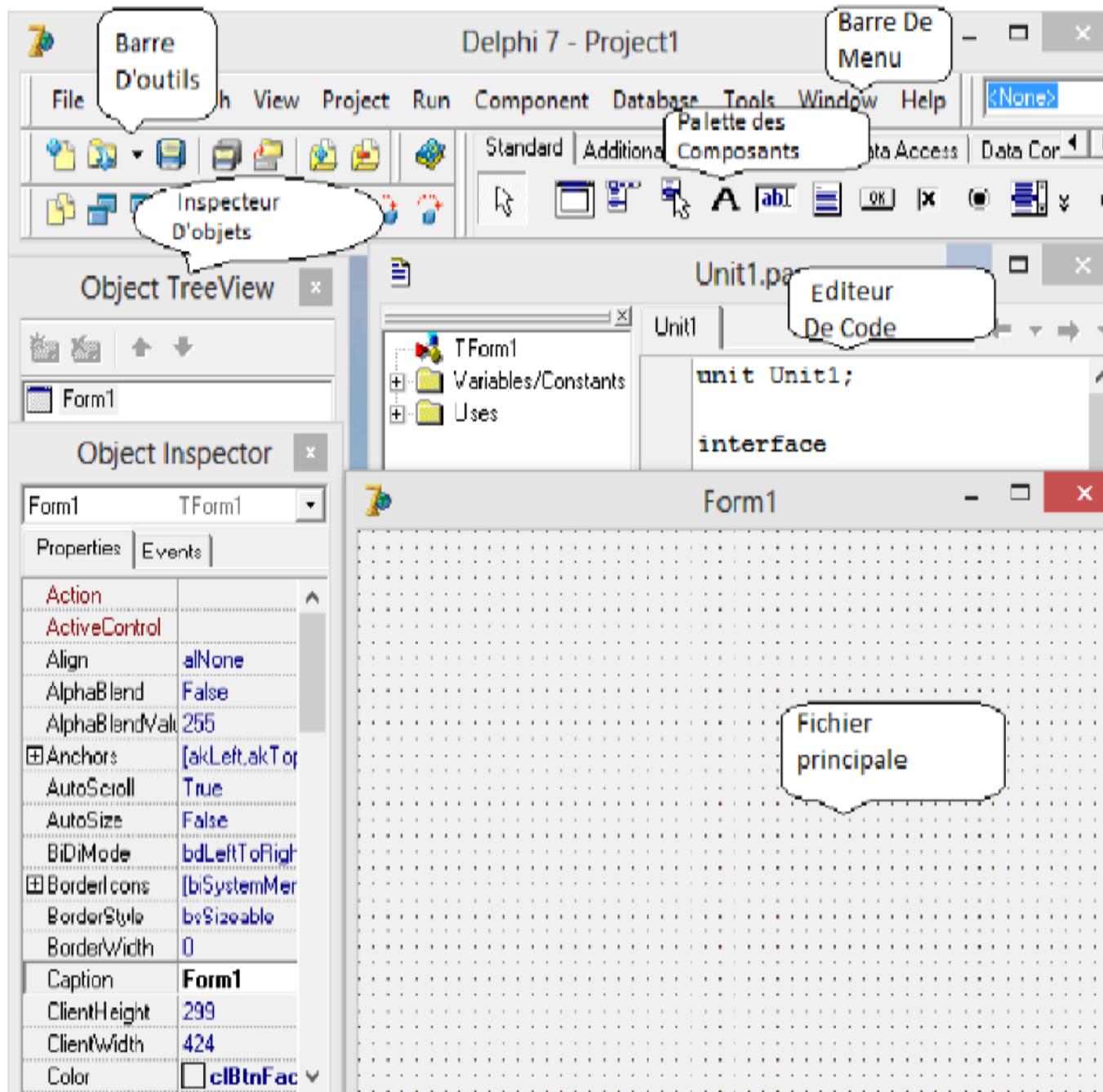


FIGURE 4.1 – L'environnement Delphi

1. **La première fenêtre (menu et outil)** : Elle occupe la partie supérieure de l'écran, elle correspondra à l'environnement de programmation proprement dit :  
Cette fenêtre contient :
  - La barre de titre
  - La barre de menu de Delphi
  - La barre d'outils (sur la gauche)
  - La palette des composants
2. **La deuxième fenêtre (inspecteur d'objet)** : l'inspecteur d'objet est la passerelle entre l'aspect visuel de votre application et le code qui lui permet de fonctionner, il est composé de deux ongles :  
**L'ongle propriété** : afficher une liste des propriétés pour chaque composant inséré sur la fiche, si aucun composant est inséré, l'inspecteur d'objet affiche les propriétés relatives à la fiche.  
**L'ongle événement** : chaque objet possède des événements qui peuvent le gérer, certains événements sont communs à tous les objets, d'autres sont spécifiques.
3. **La troisième fenêtre (fiche de conception)** : Elle constitue la fiche principale de la future application, il s'agit d'une fenêtre vide dans laquelle on placera les divers objets (composants).
4. **La quatrième fenêtre (code source)** : Cette fenêtre cachée sous la fenêtre fiche, est appelée (l'éditeur de code), elle contient le code source relatif à la fiche, elle représente une unité de l'application parmi d'autres.

## 4.3 Description de l'application

Dans cette section, nous allons décrire notre application de gestion des marchandises dangereuses. Il s'agit d'une application qui permet la gestion des différentes entités tels que : les produits, les conteneurs et les classes de marchandises dangereuses. Donc l'application doit offrir les fonctions principales suivantes :

- a. Consultation et mise à jour des données liées aux différentes entités telles : les produits, les conteneurs et les classes.
- b. Collecte des statistiques qui seront utilisées par la suite pour des prévisions.

### 4.3.1 Entités de l'application

Les entités manipulées par notre application sont : les produits, les conteneurs et les classes. Les attributs de chacune de ces entités sont :

**Produit** (idprod, nom prod).

**Conteneur** (idcont, typecont, qte, dateE, dateS).

**Classe**(code classe, nom classe, nbre cont).

Le tableau 4.1 contient la signification des attributs des entités précédentes.

Attribut	Signification
Idnprod , Nom prod	Identificateur produit,Nom de produit
Code classe, nom classe, nbre cont	Code de classe, nom de classe ,nombre de conteneur
idcont, typecont, qte, dateE, dateS	Identificateur conteneur, type de conteneur,quantité, date de entré ,date de sortie

TABLE 4.1 – Signification des attributs

La figure 4.2 illustre l’interaction entre les différentes entités manipulées par notre application

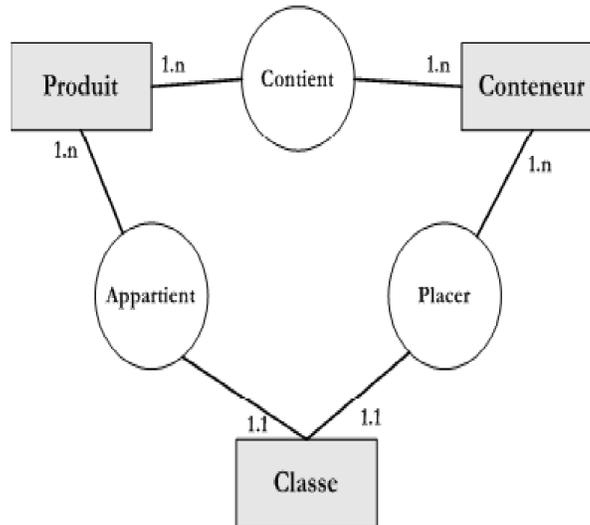


FIGURE 4.2 – Interaction entre les entités

Cette interaction entre les entités va nous permettre de créer les différentes tables de la base de données.

### 4.3.2 Captures d’écran de l’application

- **Fenêtre principale** : La figure 4.2 illustre la fenêtre principale de notre application. Les différentes opérations de consultation et de mise à jour sur les entités : produit, conteneur et classe, sont accessible via cette interface. Les différentes actions permises par notre application sont :
  - **Afficher PS** : Opération accessible via le menu fichier. Elle permet d’afficher le plan de séparation PS proposé (Voir figure 4.4)

## Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD



FIGURE 4.3 – Interface principale de l'application

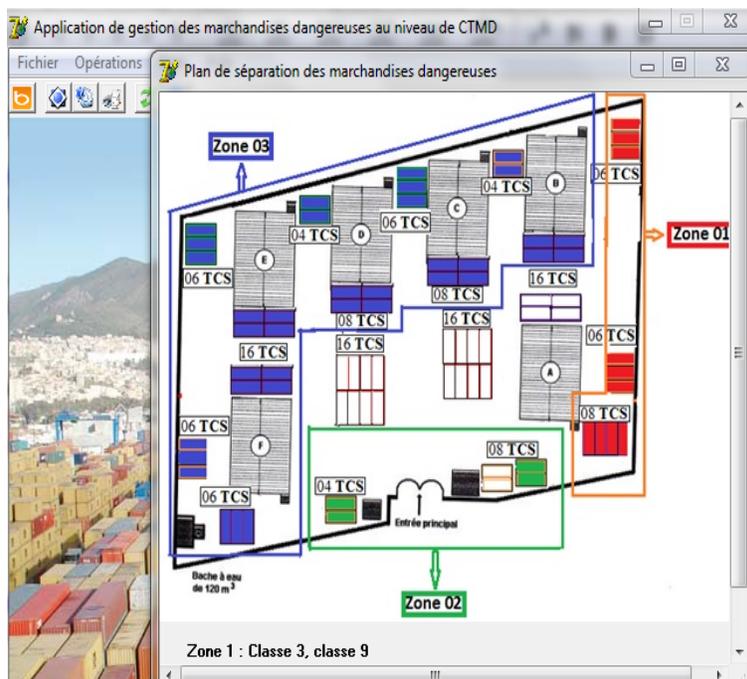


FIGURE 4.4 – Plan de séparation proposé

– Fenêtres de manipulations des différentes entités :

## Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD

Les figures 4.3, 4.4 et 4.5 présentent respectivement les différentes opérations de consultation et de mise à jour des entités : produit, conteneur et classe.

- **Produit** : opération accessible via le menu Opération. L'exécution de cette opération affiche la fenêtre illustrée dans la figure 4.5. Les opérations de consultation et de mise à jour sur l'entité " produit " sont accessibles via cette fenêtre .

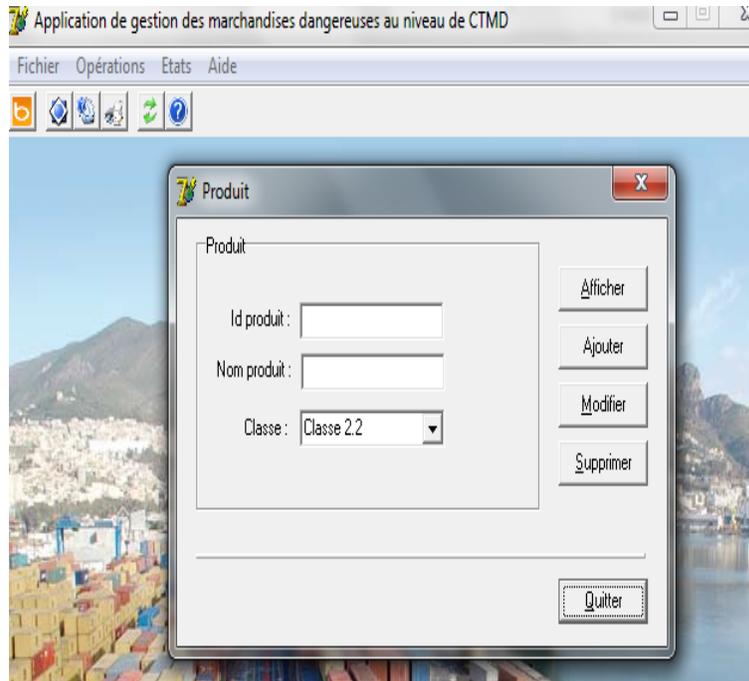


FIGURE 4.5 – Opérations sur l'entité " Produit "

- **Conteneur** : est une opération accessible via le menu Opération. Elle permet d'exécuter les opérations de consultation et de mise à jour sur l'entité " conteneur "



FIGURE 4.6 – Opérations sur l'entité " conteneur "

## Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD

- **Classe :** Cette opération est accessible à partir du menu Opération. Elle offre la possibilité à l'utilisateur d'exécuter l'opération de consultation et de mise à jour sur l'entité " classe " .

## Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD

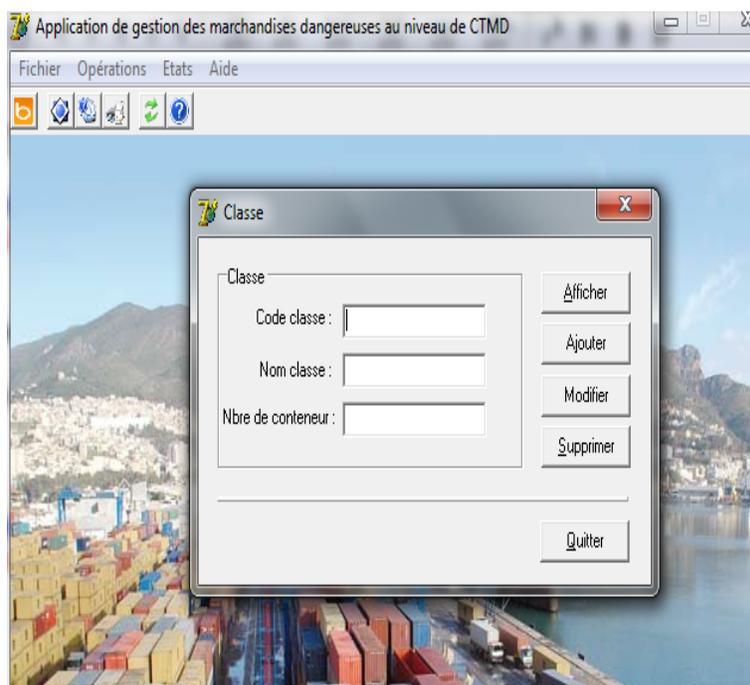


FIGURE 4.7 – Opérations sur l’entité ” classe ”

- **Etats d’impression** : Notre application offre la possibilité à l’utilisateur d’imprimer des états tels que : permis d’admission et déclaration des marchandises dangereuses. La figure 4.8 illustre l’état d’impression du permis d’admission.

## 4.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une application, développé sous Delphi, pour gérer l'emplacement des différentes classes de produits au sein du CTMD. Plusieurs fonctions et opérations sont offertes par l'application, en particulier, les opérations de consultation et de mise à jour des différentes entités telles que : les produits, les conteneurs et les classes. En plus, notre application permet aussi d'imprimer quelques états, à titre d'exemple, le permis d'admission et la déclaration des marchandises dangereuses.

## Application de gestion des marchandises dangereuses au niveau du CTMD



### Permis d'admission de la marchandise dangereuse

Permis d'admission N° : .....

Date & heure : .....

N° d'identification des conteneurs / Véhicule  TCLU : ..... TGCU..... CAIU : .....	Type de conteneur : 20/40 peids
------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------

Après étude, du dossier, les produits suivants sont autorisés à transiter par le CTMD dans un délai de 8 jours.

Matière ou objet	Classe	N° fiche sécurité	Quantité	Date d'entrée	Observation

Important :

1. Le présent permis d'admission n'exclut pas la responsabilité de demandeur qui : doit fournir en cas de besoin tout complément d'information sur les marchandises pour que leur séjour au CTMD se déroule dans les meilleures conditions de sécurité.
2. Le demandeur s'engage à s'acquitter des frais de convoyage conformément au cahier des tarifs de l'EPB..
3. L'EPB peut à tout moment requérir les services d'un expert pour compléter les informations aux frais du demandeur.
4. Si le délai d'enlèvement sont dépassés, l'EPB se réserve le droit de prendre toute mesure de sécurité jugée utile aux frais, risque et péril du demandeur.

Lu et approuvé

Le demandeur

Le Visa du chef de sécurité terrestre

Entreprise portuaire de Béjaia

FIGURE 4.8 – Etat d'impression : permis d'admission

# Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à un problème bien particulier qui est la détermination d'un plan de séparation des marchandises dangereuses au sein du CTMD. La problématique consiste à déterminer l'emplacement des classes de produits tout en respectant des contraintes de sécurité afin d'éviter les risques d'incidents. Notre travail est motivé par le fait que le plan de séparation actuellement utilisé n'est pas optimisé. En effet, le plan actuel utilise 6 classes logées chacune dans une zone différentes. Après un stage que nous avons effectué au sein du CTMD, nous avons constaté que ce plan peut être optimisé.

La solution optimisée que nous avons proposé réduit considérablement le nombre de zones utilisé (3 zones au lieu de 6 zones) et permet la cohabitation de plusieurs classes compatibles dans une même zone. Pour la mise en évidence de notre travail, nous avons utilisé la technique de coloration de la théorie des graphes pour déterminer le plan de séparation proposé. Pour l'implémentation de la solution proposée, nous avons utilisé l'environnement de programmation Delphi à cause de sa simplicité de la programmation. L'application développée offre la possibilité à l'utilisateur d'exécuter les différentes opérations de consultation et de mise à jour. En plus, plusieurs états peuvent être imprimés via l'application développée.

En perspectives, nous envisageons d'améliorer notre application pour fournir des statistiques utilisables éventuellement dans des prévisions futures. Nous comptons aussi d'étendre notre application pour la rendre exécutable sous réseau.

# Annexe

N	Dossier	client	marchandises	classe	entree	quantités	Nbre TCS	Nbre Palette	emplacement	Séjours
1	15153	NEW TECH FARM	ACITIQUE LIQUIDE	8	19/03/2015	5400	1	0	TB4	385
2	15262	SARL UNIVERS BUSINESS	SOLVANT	3,3	05/10/2015	6337,5	1	0	TC4	333
3	15516	SARL TCHIN LAIT	ACIDE NITRIQUE	8	09/04/2015	23920	1	0	TB1	216
4	15431	PINEX	TEGOFUX	8	31/07/2015	26 815 029	1	0	TD1	251
5	16039	SOFINGI SRL	LIQUIDE POUR BATTERIES	9	22/01/2016	5400	1	0	TE2	76
6	16122	SARL GCS	LIQUIDE CORROSIF TOXIQUE	8	03/04/2016	1667	1	0	TD1	34
7	16125	GROUPEMENT TOUAT GAZ	MD DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMNT SOLIDE	9	03/04/2016	285	0	1	A	34
8	16139	SARL AROMAD SETIF	POLYSTYRENE EXPANSE	9	18/03/2016	68400	4	0	TB1	20
9	16140	ONE AND ONE CONFORT	PEINTURES	3,1	18/03/2016	4840,87	1	0	TC1	20
10	16148	SARL ANALYSYS ALGERIE	LIQUIDE INORGANIQUE CORROSIF ACIDE	8	18/03/2016	1236,85	1	0	TD1	20
11	16164	LAITERIE DE LA SOUMMAM SARL	M.D DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMENT LIQUID	9	25/03/2016	1000	0	3	A	13
12	16167	SARL TCHIN LAIT	AROMES	3,1	25/03/2016	1425,04	0	4	A	13
13	16163	SARL HAMMA ET FOUJIL	LIQUIDE INORGANIQUE CORROSIF BASIQUE	8	25/03/2016	1408	0	3	A	13
14	16168	ELA FRUIT	AROMES	3,3	25/03/2016	1012,05	0	2	B	13
15	16165	BORDJ STEEL	ACTIVATEUR	8	27/03/2016	3200	1	0	TD1	11
16	16166	BORDJ STEEL	ACTIVATEUR	8	27/03/2016	800	1	0	TD1	11
17	16177	PROQUIMICOS	PEROXYDE D'HYDROGENE	5,1	30/03/2016	46800	2	0	TE6	8
18	16175	SARL SACHEM	CAUSTIQUE SOUDE	8	30/03/2016	41440	2	0	TD2	8
19	16170	PROQUIMICOS	PEROXYDE D'HYDROGENE	5,1	30/03/2016	105300	6	0	TE5	8
20	16169	IFC INDUSTRIE	ADHESIFS	3,3	30/03/2016	8556,2	1	0	TC3	8
21	16178	COGITELA	ENCRE	3,3	31/03/2016	10350	1	0	TC4	7
22	16179	COGITELA	ACETATE D'ETHYLE	3,2	31/03/2016	14400	1	0	TC5	7
23	16174	EURL POLYSTYRENE INDUSTRIE	POLYSTYRENE EXPANSE	9	30/03/2016	68640	3	0	TB1	8
24	16176	PROQUIMICOS	CAUSTIQUE SOUDE	8	31/03/2016	504000	21	0	TD3	7
25	16171	AQUASIM SPA	AROMES	3,3	31/03/2016	6000	1	0	TC4	7
26	16173	OMNICHEM	PEROXYDE D'HYDROGENE	5,1	31/03/2016	54018	3	0	TE3	7
27	16180	SARL POLYSTYRENE DES OASIS	POLYSTYRENE EXPANSE	9	04/02/2016	160000	10	0	TE3	5
28	16181	CONDOR ELECTRONIC	POLYSTYRENE EXPANSE	9	04/03/2016	17000	1	0	TE1	4
29	16185	SARL SIESTAL	BATTERIE EN LHITHIUM	9	04/04/2016	10170,01	1	0	TE2	3
30	16186	INES COSMETIQUE	ACITIQUE LIQUIDE	8	04/04/2016	1517,4	1	0	TD2	3

FIGURE 4.9 – Exemple des produits dangereux

# Bibliographie

- [1] Bastin.F. *Modèles de recherche opérationnelle*. Université de Montréal, Kanada, 2010.
- [2] Bornstein.P. "*Cours théorie des graphes*". 2003.
- [3] Ribeiro C.C and Maculan. *Application of combinatorial optimisation ;Annals of Operations Research*. 50, 1994.
- [4] Le code maritime international des marchandises dangereuses. *publication de l'OMI*. Edition récapitulative de 1993(amendement 25-89).
- [5] Lettre du port de Bejaia. *Bulletin d'information de L'EPB*. Edition de 1995-1998.
- [6] O.C et Robert Claudine . "*théorie des graphes*". 2003.
- [7] Tirane L. *Automatisation et Exploitation de la Capacité d'Entreposage des Conteneurs au CTMD-EPB Port de Béjaia*. Mémoire d'Ingéniorat d'Etat, Département : Recherche Opérationnelle, Université de Béjaia, Septembre 2012.
- [8] S.Haouassi et s.ziani L.Madi. *Problème de coloration dans certain classe de graphe*. Mémoire de fin d'étude ,Université de Béjaia, 2010.
- [9] Lopez P. *Cours des graphes*. France, 2008.
- [10] Recommandations relatives à la sécurité du transport de la manutention et de l'entreposage des substances dangereuse dans les zones portuaires. *Publication de l'OMI*. Numéro d'édition 81.6.F, Juin 1983.
- [11] Taouinet. *Module de la théorie des graphes de deuxième année*. Université de Béjaia, 2012-2013 .

# Résumé

Dans ce travail, nous avons proposé un plan de séparation des marchandises dangereuses pour remédier aux insuffisances et limites du plan de séparation actuellement utilisé. Après avoir modélisé le problème en utilisant les graphes, nous avons appliqué la technique de la coloration des graphes pour obtenir le nombre minimal de couleur qui représente le nombre minimal de zones utilisables pour stocker les classes des produits tout en respectant la compatibilité en termes de sécurité entre ces classes. Nous avons aussi développé une application sous Delphi qui offre la possibilité à l'utilisateur d'exécuter des opérations de consultation et de mise à jour sur les différentes entités manipulées qui sont le produit, le conteneur et la classe de produit. Notre solution présente l'avantage d'être optimale car il réduit le nombre de zones à 3 et il autorise le stockage des classes de produits compatibles dans la même zone.

## Mots clés :

Entreprise portuaire de Béjaia, CTMD, marchandises dangereuses, plan de séparation, coloration des graphes.

# Abstract

In this work, we have proposed a separation plan of dangerous products to remedy to shortcomings and limitations of the separation plan actually used. After modeling the problem by using the graphs, we have applied the graph coloring technique in order to obtain the minimal number of colors. This minimal number represents also the number of areas suitable for storing the classes of products while respecting the compatibility between classes in terms of security. We have also developed an application that offers the possibility to the user to perform consulting and update operations on the product, the container and the product class entities. The solution we propose is optimal because it reduces the number of zones to three and enables the storage of compatible class in the same area.

## Keywords

Béjaia port company, CTMD, dangerous goods, separation plan, graph coloring.