**1ère année du cycle d’ingénieur**

**IAGI**

**Module : Recherche Opérationnelle**

**Rapport du Mini-Projet**

***Planification de Réseaux Informatiques***

* **El Ouardi Mohamed**

**Réalisé par :**

**Encadré par : Pr. Abdessamad KAMOUSS**

*Résumé*

Ce projet vise à résoudre un problème de **planification de réseau informatique** en appliquant des outils de **recherche opérationnelle**. L’objectif principal est de concevoir une infrastructure réseau qui soit performante, sécurisée et économiquement optimisée, tout en répondant aux besoins spécifiques en connectivité et en bande passante des différents sites.

#### ****Approche Méthodologique****

La solution repose sur une modélisation mathématique intégrant :

1. **La théorie des graphes** pour structurer le réseau et minimiser les coûts grâce à l’algorithme de Kruskal, garantissant un arbre couvrant minimal.
2. **Ford-Fulkerson**, utilisé pour maximiser les flux et s’assurer que les demandes en bande passante de chaque site sont respectées.
3. **La programmation linéaire**, implémentée avec PuLP en Python, pour minimiser les coûts tout en intégrant les contraintes de capacité, de connectivité et de bilan des flux.

#### ****Principaux Résultats****

1. **Coût Minimal** : Une solution optimisée a été obtenue avec un coût total de **15,000 unités monétaires**, respectant les contraintes budgétaires et techniques.
2. **Connectivité Complète** : Tous les nœuds (le siège et les bureaux régionaux) sont connectés de manière efficace, éliminant les cycles inutiles et réduisant les redondances.
3. **Satisfaction des Besoins en Flux** : Chaque site a pu échanger les volumes de données requis sans congestion ni dépassement des capacités des liens.
4. **Fiabilité et Résilience** : La structure finale est robuste, avec des redondances minimales mais suffisantes pour garantir une continuité opérationnelle même en cas de panne locale.

#### ****Impact Global****

Le projet illustre comment la recherche opérationnelle et des algorithmes spécifiques peuvent être appliqués pour résoudre des problèmes réels d’infrastructure informatique. La solution obtenue est à la fois économiquement viable et techniquement performante, répondant aux exigences actuelles tout en préparant le réseau pour des évolutions futures.

*Abstract*

This part should contain a summary of your operational research project and the main results obtained.

**Sommaire**

[*Résumé* 2](#_Toc91418686)

[*Abstract* 3](#_Toc91418687)

[Liste des figures 5](#_Toc91418688)

[Liste des tableaux 6](#_Toc91418689)

[Introduction générale 7](#_Toc91418690)

[Chapitre I : Présentation du contexte du projet 8](#_Toc91418691)

[I. Présentation de contexte 9](#_Toc91418692)

[I.1 Processus de fonctionnement 9](#_Toc91418693)

[I.2 Intérêt et enjeux économiques 10](#_Toc91418694)

[I.3 Quelques chiffres clés 10](#_Toc91418695)

[I.4 Quelques problématiques 10](#_Toc91418696)

[I.5 Intérêt de RO dans ce domaine 10](#_Toc91418697)

[II. Présentation de la problématique 10](#_Toc91418698)

[Chapitre II : Modélisation 11](#_Toc91418699)

[I. Choix de la modélisation appropriée 12](#_Toc91418700)

[II. Variables de décisions 13](#_Toc91418701)

[III. Contraintes 13](#_Toc91418702)

[IV. Fonction objectif 13](#_Toc91418703)

[V. Modélisation 13](#_Toc91418704)

[Chapitre III : Résolution 14](#_Toc91418705)

[I. Outils utilisés 15](#_Toc91418706)

[II. Résolution détaillée et résultats 15](#_Toc91418707)

[III. Interprétations et critiques 15](#_Toc91418708)

[*Conclusion Générale* 16](#_Toc91418709)

[*Bibliographie* 17](#_Toc91418710)

Liste des figures

[Figure 1: Illustration du domaine concerné par le mini-projet 8](#_Toc91419119)

[Figure 2: Illustration de votre domaine de recherche 9](#_Toc91419120)

[Figure 3: Illustration de la modélisation du mini-projet 11](#_Toc91419121)

[Figure 4: Illustration de la modélisation choisie 12](#_Toc91419122)

Liste des tableaux

[Tableau 1: Présentation de …………… 13](#_Toc91419128)

Introduction générale

#### ****1.1. L’Intérêt de la Recherche Opérationnelle dans l’Ingénierie****

La recherche opérationnelle (RO) est un domaine clé de l’ingénierie, apportant des outils et des méthodologies puissants pour résoudre des problèmes complexes liés à l’optimisation des ressources, la planification, et la prise de décision.

* En ingénierie, la RO joue un rôle fondamental pour maximiser l’efficacité des systèmes tout en minimisant les coûts, un aspect crucial dans des contextes industriels et technologiques.
* Grâce à des techniques comme la théorie des graphes, la programmation linéaire, et les algorithmes de flux, la RO permet de modéliser des problématiques complexes et de proposer des solutions optimales, robustes, et réalisables.

**Exemple concret :** Dans ce projet, les concepts de la RO sont appliqués pour résoudre un problème d’optimisation de réseau, démontrant comment ces outils peuvent améliorer la performance d’une infrastructure informatique.

#### ****1.2. Présentation de la Thématique****

Le sujet du projet concerne la **planification des réseaux informatiques**. Cette thématique est essentielle dans un monde où la connectivité et la transmission de données sont devenues critiques pour les entreprises et les organisations.

* **Contexte :** Une entreprise doit relier son siège principal à plusieurs bureaux régionaux via un réseau informatique performant, fiable, et économique.
* **Défis :**
  + Minimiser les coûts d’installation des liaisons.
  + Assurer une bande passante suffisante pour répondre aux besoins de chaque site.
  + Garantir la résilience du réseau en cas de panne ou de surcharge.
* **Méthodes employées :**  
  La résolution du problème repose sur l’utilisation de la théorie des graphes, des algorithmes de flux, et de la programmation linéaire pour construire un réseau optimisé.

#### ****1.3. Description du Travail Réalisé et Résultats Attendus****

Ce mini-projet vise à modéliser, résoudre et analyser un problème de planification de réseau informatique :

1. **Modélisation du problème** :
   * Les sites (siège et bureaux régionaux) sont représentés par des nœuds.
   * Les connexions possibles entre les sites sont représentées par des arcs pondérés par les coûts d’installation et les capacités des liaisons.
   * Les demandes en bande passante de chaque site sont intégrées comme des contraintes.
2. **Résolution du problème** :
   * L’algorithme de Kruskal est utilisé pour minimiser les coûts de connexion.
   * L’algorithme de Ford-Fulkerson est appliqué pour maximiser les flux dans le réseau.
   * La programmation linéaire est utilisée pour combiner ces objectifs et respecter les contraintes.
3. **Résultats attendus** :
   * Un réseau économique, satisfaisant les demandes en flux de données de chaque site.
   * Une structure optimisée, garantissant la connectivité globale et la résilience face aux pannes.
   * Une analyse des coûts et des performances permettant de valider la solution proposée.

#### ****1.4. Organisation du Document****

Le document est organisé en plusieurs parties principales qui décrivent chaque étape du projet :

1. **Introduction Générale** : Présentation du projet, des objectifs, et de l’intérêt de la recherche opérationnelle dans ce contexte.
2. **Contexte et Analyse du Problème** : Détails sur la structure du problème, les données disponibles, et les défis à relever.
3. **Modélisation Mathématique** : Description des variables, de la fonction objectif, et des contraintes utilisées pour résoudre le problème.
4. **Résolution et Implémentation** : Explication des algorithmes utilisés, du code développé, et des méthodes de résolution.
5. **Validation et Analyse des Résultats** : Évaluation de la solution obtenue, respect des contraintes, et analyse des performances.
6. **Conclusion et Recommandations** : Synthèse des résultats et propositions pour améliorer ou étendre la solution.

Chapitre I : Présentation du contexte du projet



Figure 1: Illustration du domaine concerné par le mini-projet

### 

**Introduction**

[Une petite introduction du chapitre]

I. Présentation de contexte

[Dans ce paragraphe vous pouvez présenter le contexte général de votre mini-projet

Par exemple vous pouvez traiter dans cette partie les aspects suivants :

* Le processus de fonctionnement du domaine dans lequel vous effectuer votre sujet
* L’intérêt et les enjeux économiques de ce domaine
* Quelques chiffres clés sur ce domaine
* Quelques problématiques rencontrées dans ce domaine
* L’intérêt de faire la recherche opérationnelle dans ce domaine



Figure 2: Illustration de votre domaine de recherche

I.1 Processus de fonctionnement

…..

I.2 Intérêt et enjeux économiques

…….

I.3 Quelques chiffres clés

…….

I.4 Quelques problématiques

…….

I.5 Intérêt de RO dans ce domaine

…….

II. Présentation de la problématique

[Dans cette partie il faut présenter la problématique traitée dans le mini-projet et l’objectif attendu.]

**Conclusion**

[Une petite conclusion du chapitre]

Chapitre II : Modélisation

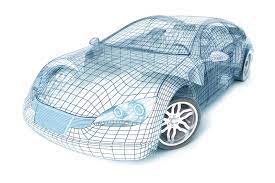


Figure 3: Illustration de la modélisation du mini-projet

**Introduction**

[Une petite introduction du chapitre]

I. Choix de la modélisation appropriée

[Dans ce paragraphe vous pouvez présenter les motivations de choix de la modélisation la plus appropriée de votre problématique :

* Programmation linéaire
* Graphes
* Programmation en nombres entiers et optimisation combinatoire
* Programmation dynamique
* Heuristiques et métaheuristiques
* …

]



Figure 4: Illustration de la modélisation choisie

II. Variables de décisions

[Dans cette partie il faut présenter les variables et les attributs utilisés dans la modélisation.]

[Terminer ce paragraphe par votre propre commentaire sur les choix effectués]

III. Contraintes

[Dans cette partie il faut présenter les contraintes utilisées dans la modélisation.]

* **Facteur de réflexion :** La lumière émise par le luminaire est réfléchie en partie par les parois du local éclairé.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Contrainte 1** | **Contrainte 2** |
| **Var 1** |  |  |
| **Var 2** |  |  |
| **Var 3** |  |  |

Tableau 1: Présentation de ……………

[Terminer ce paragraphe par votre propre commentaire sur les choix effectués]

IV. Fonction objectif

[Dans cette partie il faut présenter l’objectif de la modélisation.]

[Terminer ce paragraphe par votre propre commentaire sur les choix effectués]

V. Modélisation

[Dans cette partie il faut présenter la modélisation complète de votre problématique.]

[Terminer ce paragraphe par votre propre commentaire sur les choix effectués]

**Conclusion**

[Une petite conclusion du chapitre]

Chapitre III : Résolution



Figure 4: Illustration de la résolution de la problématique

**Introduction**

[Une petite introduction du chapitre]

I. Outils utilisés

[Dans ce paragraphe vous pouvez présenter les différents outils utilisés pour résoudre la problématique :

* Méthodes mathématiques (AAAAAA, 2021)
* Solutions informatiques
* Autres
* …

]

II. Résolution détaillée et résultats

[Dans cette partie il faut présenter la démarche de résolution et les résultats obtenus.]

III. Interprétations et critiques

[Dans cette partie il faut :

* Interpréter les résultats obtenus
* Spécifier le gain obtenu
* Critiquer les résultats obtenu si possible
* Proposer des améliorations possibles
* …..
* ]

**Conclusion**

[Une petite conclusion du chapitre]

*Conclusion Générale*

Cette partie doit contenir une conclusion générale répondant au minimum aux questions suivantes :

* Le résultat obtenu est-il satisfaisant ?
* Qu’est-ce que vous avez appris de ce travail ?
* Quelles sont les difficultés rencontrées ?
* Est-ce que vous pouvez étendre votre travail à une recherche plus large ou un projet industriel ?
* Comment était le mode de travail en équipe dans ce mini-projet ?
* Avez-vous des propositions pour les futurs mini-projets pour les promotions futurs ?

*Bibliographie*

Cette partie doit contenir les références citées dans votre rapport :

# Bibliographie

AAAAAA. (2021). *Programmation linéaire.* Springer.

**Remarque importante**

**Ce modèle de rapport est donné à titre indicatif. Vous pouvez apporter toutes modifications qui vous sembles nécessaires où vous pouvez adopter carrément un autre modèle.**