CHATTI Rim, MORA MEZA David

rim.chatti@utt.fr, david.mora\_meza@utt.fr

**Projet Final C++ et Modélisation Mathématique dans Gusek**

OS01 : Modélisation et Programmation Avances

Rim CHATTI, David MORA MEZA

07 janvier 2023

Sommaire

[Partie 1 - C++ 1](#_Toc123942189)

[1.1. Introduction 1](#_Toc123942190)

[1.2. Une classe polygon avec ses méthodes 1](#_Toc123942191)

[1.3. Conclusion 1](#_Toc123942192)

[Partie 2 - GUSEK 2](#_Toc123942195)

[2.1. PROBLEME 1 – PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE CIMENT 2](#_Toc123942196)

[2.2. PROBLÈME 2 – APPROVISIONNEMENT EN BIOMASSE 6](#_Toc123942197)

[2.3. Conclusion 12](#_Toc123942198)

[Figure 1 Plan de production du ciment **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc122474180)

[Figure 2 Plan de transport du ciment **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc122474181)

[Figure 3 Plan de camion **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc122474182)

[Figure 4 Plan de stockage du ciment **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc122474183)

[Figure 5 Les variations des coûts – P1 **¡Error! Marcador no definido.**](#_Toc122474184)

[Figure 6 Plan d’achats de biomasses 10](#_Toc122474185)

[Figure 7 Le nombre de rotations du camion 10](#_Toc122474186)

[Figure 8 Les quantités consommées de biomasses 11](#_Toc122474187)

[Figure 9 Les variations des coûts – P2 11](#_Toc122474188)

[Tableau 1 Plan de production du ciment 5](#_Toc122472603)

[Tableau 2 Approvisionnement en biomasse 9](#_Toc122472604)

# Partie 1 - C++

## Introduction

Dans cette première partie, on va étudier les algorithmes de géométrie (computational geometry) appliquée aux polygones avec langage C++. On va d’abord déclarer une classe polygon et puis réaliser les méthodes associée. Ensuite, on générera aléatoirement des données et analyser les résultats. Enfin, on fers un résumé pour cette partie.

## Une classe polygon avec ses méthodes

### Classe polygon

### Méthodes

### Résultats

## Conclusion

Pour conclure,



# Partie 2 - GUSEK

## Problème 1 – Production Et Distribution De Ciment

Ce problème consiste à la production et le stockage de ciment, dans ce cas nous considérons avoir une usine, où nous produisons et stockons le ciment, et un centre de distribution où il peut être stocké et il peut être vendu. Il est important de noter qu'il existe des restrictions sur la capacité de production, la capacité de stockage et ouverture du centre de distribution. L'horizon de planification est généré pour 2 semaines et sera développé comme un modèle mathématique linéaire et résolu dans le logiciel GUSEK.

### Les paramètres et les variables

Les données sont obtenues à partir du problème et résumées ci-dessous, il est possible de montrer rapidement que, étant donné qu'il n'y a pas de ventes le week-end, et que notre objectif sera de minimiser les coûts, nous pouvons réduire les deux derniers jours de notre horizon de planification de 14 à 12 jours.

1. Sets

* ***T***: Set de jours dans la planification, *T* ={1..*n*}
* ***T´***: Set de jours T sans le premier jour, *T´* ={2..*n*}
* ***W***: Set de jours T qui sont dans le weekends, *W* ={6,7}

1. Paramètres

* ***n*** : nombre de jour = 12
* ***C***: Coût de production = 150 €/tonne
* ***CSU***: Coût de stock dans l’usine = 20 €/jour
* ***CSCD***: Coût de stockage dans le CD = 20 €/jour
* ***CT***: Coût de transport d’usine à CD = 30 €/tonne
* ***CFT***: Coût fixé si on utilise chaque camion = 500 €/jour
* ***CAT***: Coût additionnel pour utiliser plusieurs camions = 700 €/(jour\*camion)
* ***K***: Capacité de production = 260 tonnes/jour
* ***KSU***: Capacité de stock dans l’usine = 350 tonnes
* ***KSCD***: Capacité de stockage dans le CD = 300 tonnes
* ***Kcam***: Capacité de chaque camion = 35 tonnes
* ***cam***: Quantité de camions disponible = 3 camions
* ***SIU*** : Stock initial dans l’usine = 50 tonnes
* ***SICD*** : Stock initial dans le CD = 20 tonnes
* ***Dt*** : Demande de jour *t*

1. Variables

* ***Xt***: Quantité à faire en le jour *t*
* ***XTRt***: Quantité transporté de l’usine à le CD en le jour *t*
* ***SUt***: Stock dans l'usine à la fin de jour *t*
* ***SCDt***: Stock dans le CD à la fin de jour *t*
* ***Vt***: Quantité de véhicules utilisé en le jour *t*
* ***VAt***: Quantité de véhicules qu'on doit louer en le jour *t*

### L’objectif

L'objectif de ce problème est de minimiser le coût total, en général, les coûts sont associés aux coûts de production, de transport et de stockage.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | *( 1 )* |

### Les contraintes

Les contraintes générées pour respecter les limites du système proposé sont présentées ci-dessous. Les équations *(2)*, *(3)*, *(4)* et *(5)* représentent les limites de la capacité de production, de stockage dans l'usine, de stockage dans le centre de distribution et de chaque camion, respectivement. En revanche, l'équation *(6)* nous permet d'augmenter le nombre de camions dont nous disposons si nous les louons.

Ensuite, nous trouvons les équations du flux de stockage, en générant les équations *(7)* et *(9)* pour la première période, dans laquelle nous devons tenir compte du stock initial de l'usine et du centre de distribution, puis en utilisant *(8)* et *(10)* pour les périodes suivantes. En outre, l'équation *(11)* est générée afin de représenter le fait que le centre de distribution n'est pas ouvert le week-end, la quantité qui y est transportée doit donc être 0. Enfin, l'équation *(12)* est la déclaration des variables, les quantités étant des nombres réels positifs et le nombre de véhicules des nombres entiers positifs.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | *( 2 )* |
|  |  | *( 3 )* |
|  |  | *( 4 )* |
|  |  | *( 5 )* |
|  |  | *( 6 )* |
|  |  | *( 7 )* |
|  |  | *( 8 )* |
|  |  | *( 9 )* |
|  |  | *( 10 )* |
|  |  | *( 11 )* |
|  |  | *( 12 )* |

### Analyse des résultats

Après avoir modélisé et résolu ce problème dans le GUSEK, les résultats sont obtenus comme ci-dessous :

Processeur : **Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU @ 1.60GHz 1.80 GHz**

Temps de calcul **0.0 s**

Coût total : **468200 €**

Les plans détaillés de la production, du transport et du stockage sont présentés dans le tableau 1 comme ci-dessous. Il est possible de voir que la production de ciment s'arrête le samedi, mais reprend le dimanche, même s'il n'est pas possible de transporter le ciment vers le centre de distribution ces jours-là. En outre, il y a une grande différence entre le stockage à l'usine et au centre de distribution. Étant donné le coût élevé du stockage du ciment au centre de distribution, il est préférable de transporter le plus grand nombre de jours possible, quitte à louer des véhicules supplémentaires pour répondre à la demande de transport.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t | Xt | XTRt | SUt | SCDt | Vt | VAt |
| 1 | 210 | 95 | 165 | 15 | 3 | 0 |
| 2 | 260 | 245 | 180 | 10 | 7 | 4 |
| 3 | 260 | 280 | 160 | 10 | 8 | 5 |
| 4 | 260 | 420 | 0 | 0 | 12 | 9 |
| 5 | 140 | 140 | 0 | 0 | 4 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 65 | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 260 | 170 | 155 | 0 | 5 | 2 |
| 9 | 260 | 415 | 0 | 5 | 12 | 9 |
| 10 | 105 | 105 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| 11 | 240 | 240 | 0 | 0 | 7 | 4 |
| 12 | 130 | 130 | 0 | 0 | 4 | 1 |

Tableau 1 : Plan de production du ciment

## Problème 2 – Approvisionnement En Biomasse D’une Centrale Electrique

Ce problème consiste en la production d'énergie à partir de la biomasse qui doit être achetée et transportée jusqu'à notre centrale électrique. Pour ce problème, nous devons satisfaire la demande d'énergie de notre région et, en outre, nous devons respecter les conditions de chacun de nos fournisseurs, en ayant 2 types de biomasse différents, qui sont fournis à des prix différents selon le fournisseur, et qui ont également une efficacité différente. En outre, nous devons tenir compte de la distance entre chaque fournisseur et notre centrale électrique. En bref, nous devons minimiser les coûts d'achat, de transport, de main-d'œuvre et de stockage.

### Les paramètres et les variables

Les données sont obtenues à partir du problème et résumées ci-dessous. Il est possible de réduire l'ensemble des fournisseurs de 4 à 2 s'ils sont classés en fonction du type de biomasse qu'ils produisent. Il est important de noter qu'avec ce changement, lorsqu'on se réfère à un certain fournisseur, il doit toujours être accompagné de sa biomasse respective afin de le différencier, par exemple, le fournisseur 1 pour la biomasse bois est différent du fournisseur 1 pour la biomasse paille.

1. Sets

* ***T***: Set de jours dans la planification, *T* ={1..*n*}
* ***T´***: Set de jours T sans le premier jour, *T´* ={2..*n*}
* ***B***: Set de biomasses, *B* = {bois, paille}
* ***F***: Set de fournisseurs, *F* = {1, 2}

1. Paramètres

* ***n*** : nombre de jours = 8
* ***Dt***: Demande d'électricité dans le jour t (MWh)
* ***TPb***: Taux de production d'électricité de biomasse b (MWh/tonne)
* ***SDbf***: Stock disponible de biomasse b en fournisseur f (tonnes)
* ***Pbf***: Prix d’achat de biomasse b en fournisseur f (€/tonne)
* ***DIbf***: Distance entre centrale et fournisseur f de biomasse b (km)
* ***KC***: Capacité du camion (tonnes)
* ***VC***: Vitesse moyenne du camion (km/h)
* ***KH***: Capacité de travail du conducteur (h)
* ***CH***: Coût du conducteur (€/h)
* ***CT***: Coût de transport (€/km)
* ***KV***: Quantité maximale de voyages par jour
* ***TA***: Temps d’attendre au fournisseur pour chaque voyage (min)
* ***TD***: Temps de chargement pour chaque voyage (min)
* ***KS***: Capacité de stockage par chaque biomasse dans la centrale (tonnes)
* ***SIb***: Stock Initial de biomasse b (tonnes)
* ***CSb***: Coût de stockage de biomasse b (€/(tonnes\*jour))

1. Variables

* ***Xbft***: Quantité acheté de biomasse *b* au fournisseur *f* dans le jour *t*
* ***Ybt***: Quantité de biomasse *b* brûlées dans le jour *t*
* ***Sbt***: Stock de biomasse *b* dans le jour *t*
* ***Vbft***: Quantité de voyages pour biomasse *b* au fournisseur *f* dans le jour *t*
* ***Ht***: Quantité de heures travaillées pour le conducteur dans le jour *t*

### L’objectif

L'objectif de ce problème est de minimiser le coût total, en général, les coûts sont associés aux coûts d'achat, de transport, de main-d'œuvre et de stockage.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | *( 13 )* |

### Les contraintes

Les contraintes générées pour ce problème sont présentées ci-dessous. L'équation *(14)* permet de satisfaire la demande d'électricité, l'équation *(15)* limite la quantité à acheter à chaque fournisseur en fonction de sa capacité. L'équation *(16)* définit le stockage maximal pour chaque type de biomasse. L'équation *(17)* nous permet de calculer le nombre de voyages nécessaires pour transporter la quantité de biomasse requise, et les équations *(18)* et *(19)* limitent le nombre maximal de voyages et d'heures travaillées par jour. En outre, la contrainte selon laquelle le conducteur ne travaille pas ce jour-là est satisfaite par l'équation *(20)*. Enfin, les équations *(22)* et *(23)* maintiennent le flux de stockage de la biomasse.

L'équation *(21)* calcule le nombre d'heures travaillées par le conducteur, cette restriction est laissée comme supérieure ou égale étant donné que 2 scénarios sont présentés avec les équations *(24)* et *(25)*, où, dans le premier cas (S1), le paiement au travailleur est calculé en fonction du temps travaillé, et dans le second cas (S2) une interprétation est faite que le travailleur est payé pour des heures complètes. Par exemple, si le conducteur a travaillé *5,1 h*, dans le premier cas, il sera payé exactement *5,1 h*, alors que dans le second cas, il devrait être payé pour *6 h*. Si l'on décide de conserver le premier scénario (équation *(24)*), l'équation *(21)* peut être modifiée avec égalité ou non, dans les deux cas elle fonctionne.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | *( 14 )* |
|  |  | *( 15 )* |
|  |  | *( 16 )* |
|  |  | *( 17 )* |
|  |  | *( 18 )* |
|  |  | *( 19 )* |
|  |  | *( 20 )* |
|  |  | *( 21 )* |
|  |  | *( 22 )* |
|  |  | *( 23 )* |
|  |  | *( 24 )* |
|  |  | *( 25 )* |

### Analyse des résultats

Après avoir modélisé et résolu les deux scénarios dans GUSEK, les résultats sont obtenus comme ci-dessous :

Processeur : **Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU @ 1.60GHz 1.80 GHz**

Temps de calcul S1 : **352.2 s**

Coût total S1 : **26483.1666666667 €**

Temps de calcul S1 : **199.2 s**

Coût total S2 : **26529.5 €**

Les plans d’achats, de transport et de stockage sont présenté dans le tableau 2 comme ci-dessous :

Tableau 2 Approvisionnement en biomasse

Figure 1 Plan d’achats de biomasses

Figure 2 Le nombre de rotations du camion

Figure 3 Les quantités consommées de biomasses

Figure 4 Les variations des coûts – P2

## Conclusion

Les deux questions dans cette partie s’agitent un problème de planification de production. L’objectif est de minimiser les coût total.

很快找到了最优解，但是要测试B&B中所有的方案，所以花时间，可能是GUSEK的阈值设定太小了，导致收敛慢。

整数规划会比非整数规划收敛慢很多。因为问题2中的R是整数，所以花了很久才能找出整数最优解。相反的，如果我们把问题2中的R的整数的限制去除，那GUSEK很快就找到了最优解，结束了搜索，只花了0. 秒。