



Rapport TP1 Recherche Opérationnelle : Modélisation et résolution de PLNE avec un solveur (GLPK) *

Salahdine OUHMMIALI - Ayoub LOUDYI

Département Sciences du Numérique - Deuxième année
2021-2022

*Même si le nombre de pages excède largement trois pages, c'est surtout les annexes et l'introduction/conclusion qui prennent de la place (vous pouvez les sauter pendant votre lecture ils sont optionnels), le contenu concret est dans la limite de 3 pages en fichier texte pur

Table des matières

1	Introduction	3
2	Exercice 1 : Les Voitures	3
2.1	Motivation du choix .lp	3
2.2	Variables Principales	3
2.3	Contraintes	3
2.4	Fonction Objectif	3
2.5	Analyse	3
2.5.1	PL	3
2.5.2	PLNE	3
3	Exercice 2 : Gestion de personnel	4
3.1	Motivation du choix .mod .dat	4
3.2	Variables Principales	4
3.3	Contraintes	4
3.4	Fonction Objectif	4
3.5	Analyse	4
3.5.1	PL	4
3.5.2	PLNE	4
4	Exercice 3 : Bourse	5
4.1	Motivation du choix .mod .dat	5
4.2	Variables Principales	5
4.3	Contraintes	5
4.4	Fonction Objectif	5
4.5	Analyse	5
5	Exercice 4 : E-commerce	6
5.1	Variables Principales	6
5.2	Contraintes	6
5.3	Fonction Objectif	6
5.4	Analyse	6
6	Conclusion	6
7	Annexes	7

Table des figures

1	Logs de glpsol sur le problème Voitures en PL	7
2	Logs de glpsol sur le problème Voitures en PLNE	7
3	Logs de glpsol sur le problème GestionPersonnel en PLNE	8
4	Logs de glpsol sur le problème Bourse en PL	8
5	Logs de glpsol sur le problème Bourse en PL	9
6	Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 1 en PL	9
7	Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 1 en PLNE	10
8	Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 2 en PL	10
9	Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 2 en PLNE	11

1 Introduction

L'objectif de ce TP est d'écrire des descriptions des modèles vus en séance de TD pour se familiariser avec le langage GNU MathProg, et concrétiser leur résolution en utilisant le solveur glpsol.

2 Exercice 1 : Les Voitures

2.1 Motivation du choix .lp

Le choix du .lp a été fait vu la facilité de modélisation du problème en quelques contraintes linéaires «faciles».

2.2 Variables Principales

Nos variables ici sont L et S , qui représente 100 voitures de type L(Luxe), et 100 voitures de type S(Standard) respectivement.

2.3 Contraintes

Les contraintes sont assez claires sur l'espace disponible en parking on divise 15 000 m² par 100 unités pour obtenir la contrainte d'inégalité à 150. De même 100 voitures de type S sont construites en 5 heures, pour le type L c'est 6 heures. Finalement on ne peut pas construire au-delà de 800 voitures de type L par soucis de demande chez les clients.

2.4 Fonction Objectif

La fonction objectif est (maximise) le bénéfice à générer par semaine. (On suppose ici qu'on peut arrêter la construction d'une voiture en fin de semaine et reprendre la semaine prochaine dans le cas PL).

2.5 Analyse

2.5.1 PL

Avec la format PL (sous l'hypothèse qu'on peut reprendre la construction d'une voiture la semaine prochaine) on obtient les résultats : L= 6.42857 et S= 4.28571 (résultat à multiplier par 100 car on raisonne ici par unité de centaine de voitures)

La matrice est de taille 3x2 avec un seul élément nul => non creuse.

2.5.2 PLNE

Avec la format PLNE, on trouve la solution continue du problème en 3 itérations du simplex, et la solution entière en 4 itérations soit Une itération de plus pour trouver la solution entière. Toutes les noeuds de l'arbre sont explorés dans ce s 4 itérations.

Pour la solution entière, On obtient les résultats : L= 645 et S =426 avec un valeur optimale du bénéfice égal à 10284000 euros.

La matrice est de taille 5X2 avec 8 coefficients non nul => non creuse.

3 Exercice 2 : Gestion de personnel

3.1 Motivation du choix .mod .dat

Le choix du .mod/.dat a été fait car les contraintes du problème sont un peu complexe à exprimer.

3.2 Variables Principales

Notre variable principale Q est la matrice de couplage (individu,tache), dont les lignes représentent le personnel et les colonnes les différentes tâches disponibles.

3.3 Contraintes

On sait que chaque tâche est unique pour chaque ouvrier. Mais aussi que chaque ouvrier est unique par tâche, c'est-à-dire que chaque ouvrier n'a qu'une tâche, et que chaque tâche est prise par un seul ouvrier, cette double contrainte nous assure l'unicité des tâches par ouvrier et ouvriers par tâche.

3.4 Fonction Objectif

La fonction objectif dans ce problème est la (minimisation de la) somme des coûts de formation de chaque ouvrier.

3.5 Analyse

3.5.1 PL

Les résultats obtenu sont cohérents : matrice de taille $N \times N$, avec N nb de travaux, telle que dans chaque ligne et colonne il n'y a qu'un seul coefficient non nul et égal à 1. La valeur optimal de la fonction objectif est 8, exactement ce à quoi on s'attendait avec les données dans `default_data` fourni en source du tp en "ModelGestionPersonnelwithData.mod.txt".

3.5.2 PLNE

Avec la format PLNE, on cherche la solution entière du problème, on la trouve en 3 itérations du simplex, pour un exemple avec 3 travaux et 3 personnes.

La taille de la matrice est 7×9 avec 27 coefficients non nul \Rightarrow la matrice est creuse ce qui est attendu puisqu'on travaille avec une matrice destiné à être creuse, comme variable principale.

4 Exercice 3 : Bourse

4.1 Motivation du choix .mod .dat

Le choix du .mod/.dat a été fait pour s'organiser les idées vu le nombre de contraintes dont on dispose, mais aussi dans le cas où on voudrait ajouter ou retirer certains produits financiers, ou de mettre à jour certains taux d'intérêts ou coefficient de risques, ce format permet une meilleure lecture et compréhension du problème de façon compacte, (Finalement le problème est un peu directe, on pouvait l'étudier sous le format .lp cependant on se serait encombré avec les paramètres et variables).

4.2 Variables Principales

Notre variable principale Q représente le montant d'argent en euros, investi dans chacun des produits.

4.3 Contraintes

Dans ce problème on définit l'ensemble des produits financiers **PRODUITS**, et deux sous-ensembles **METAUX** contenant les produit financiers de type métaux précieux et **CREDITS** contenant les crédits et obligations de ce dernier pour pouvoir les appeler dans des contraintes les concernant.

Les contraintes dans ce problème, sont des inégalités directes concernant les pourcentages d'investissement minimaux, coefficients de risque global à ne pas dépasser et le budget maximal qu'on peut investir.

4.4 Fonction Objectif

La fonction objectif dans ce problème est la somme des produits de "Somme investies dans un produit financier" par "Le taux d'intérêt de ce dernier" des produits financiers dont on dispose.

4.5 Analyse

La solution donne le prix d'investissement dans chaque catégorie, pour la version entière on obtient des résultats entiers cohérents. La solution est obtenu en 7 itérations de simplex, dans lesquelles tous les noeuds de l'arbre sont explorés.

La matrice est de taille 11x6 avec 65 coefficients non nuls => matrice non creuse.

5 Exercice 4 : E-commerce

5.1 Variables Principales

Le choix du .mod/.dat a été fait vu la complexité du problème. Dans ce problème notre variable principale est une matrice qui prend en colonnes les magasins, et en lignes la valeur de fluides par unité procurés du magasin en question.

5.2 Contraintes

Pour la première contrainte « RespectDemandeAuMieuxPossible », on a supposé un cas dans lequel la demande excède ce que le stock du magasin propose. On a exploité l'opérateur « less » pour cette contrainte qui lorsque appliqué à a et b , tel que

$$a \text{ less } b = \begin{cases} a - b, & \text{si } a > b \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

Ainsi pour notre contrainte on définit une différence entre le stock disponible et les demandes reçues, ainsi la valeur du fluide acheté plus la différence (stock-demande) est égale à la valeur stock. Ainsi pour :

$$fluide_achete + (stock \text{ less } demande) = stock \quad (1)$$

Dans le cas où la demande excède le stock on a :

$$fluide_achete = stock \quad (2)$$

Sinon

$$fluide_achete = stock - (stock - demande) = demande \quad (3)$$

donc soit on satisfait la demande complètement, ou au mieux possible (d'où le nom de la contrainte)

Pour la seconde contrainte, on peut constater que la valeur de fluide total acheté dans un magasin doit être inférieur ou égal au stock total disponible dans ce magasin.

5.3 Fonction Objectif

La fonction objectif de ce problème est (la maximisation de) la somme des quantités de fluides achetés d'un magasin i multipliés par les coûts unitaires par entrepôts selon les demandes reçues.

5.4 Analyse

Pour ce problème, au format PLNE, le solveur glpsol génère une solution cohérente pour la minimisation du coût de l'achat des fluides dans les magasins en 4 itérations de Simplex pour la version 1 (sans coût d'expédition) et 16 pour la version 2, avec une valeur optimale de la fonction objective égale à 8.5 et 15 pour les versions 1 et 2 respectivement.

La taille de la matrice pour la version 1 (sans considération du coût de l'expédition) est 9x6 avec 18 valeurs non nulles \Rightarrow la matrice est creuse. Quant à la deuxième version après l'ajout du coût d'expédition, la taille de la matrice est 15x18 avec 57 valeurs non nulles \Rightarrow la matrice est creuse.

6 Conclusion

Dans ce TP, on a travaillé avec le solveur glpsol, pour résoudre des problèmes d'optimisation, et vérifier la capacité de solver à trouver des solutions entières avec un nombre d'itérations de simplex en général inférieur à $3 \cdot m$ en moyenne (m le nombre de contraintes) .

7 Annexes

```
C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe --lp RO_TP1\RO_TP1\Voitures\PbVoitures.lp.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
  --lp RO_TP1\RO_TP1\Voitures\PbVoitures.lp.txt
Reading problem data from 'RO_TP1\RO_TP1\Voitures\PbVoitures.lp.txt'...
3 rows, 2 columns, 5 non-zeros
11 lines were read
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
3 rows, 2 columns, 5 non-zeros
Preprocessing...
2 rows, 2 columns, 4 non-zeros
Scaling...
A: min|aij| = 5.000e+00 max|aij| = 2.000e+01 ratio = 4.000e+00
GM: min|aij| = 8.034e-01 max|aij| = 1.245e+00 ratio = 1.549e+00
EQ: min|aij| = 6.455e-01 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.549e+00
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 2
* 0: obj = -0.000000000e+00 inf = 0.000e+00 (2)
* 3: obj = 1.028571429e+07 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.0 Mb (40412 bytes)
```

FIGURE 1 – Logs de glpsol sur le problème Voitures en PL

```
souhnmia@n7-ens-lnx014:~/2Aa/ROoperationnel/solveurGLPK/executables$ ./glpsol -m PbVoitures.mod.txt -o sol.txt
GLPSOL--GLPK LP/MIP Solver 5.0
Parameter(s) specified in the command line:
  -m PbVoitures.mod.txt -o sol.txt
Reading model section from PbVoitures.mod.txt...
Reading data section from PbVoitures.mod.txt...
83 lines were read
Generating RespectCapaciteDeTempsdeProduction...
Generating RespectCapaciteDeSurfaceParking...
Generating RespectLimiteDeProduction...
Generating BeneficeTotal...
Model has been successfully generated
GLPK Simplex Optimizer 5.0
5 rows, 2 columns, 8 non-zeros
Preprocessing...
2 rows, 2 columns, 4 non-zeros
Scaling...
A: min|aij| = 5.000e+00 max|aij| = 2.000e+01 ratio = 4.000e+00
GM: min|aij| = 8.034e-01 max|aij| = 1.245e+00 ratio = 1.549e+00
EQ: min|aij| = 6.455e-01 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.549e+00
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 2
* 0: obj = -0.000000000e+00 inf = 0.000e+00 (2)
* 3: obj = 1.028571429e+07 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.1 Mb (126371 bytes)
Writing basic solution to 'sol.txt'...
```

FIGURE 2 – Logs de glpsol sur le problème Voitures en PLNE

```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\GestionPersonnel\ModelGestionPersonnelwithData.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
-m RO_TP1\RO_TP1\GestionPersonnel\ModelGestionPersonnelwithData.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\GestionPersonnel\ModelGestionPersonnelwithData.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\GestionPersonnel\ModelGestionPersonnelwithData.mod.txt...
60 lines were read
Generating RespectUnicitePersonnel...
Generating RespectUniciteTravaux...
Generating CoutTotal...
Model has been successfully generated
GLPK Integer Optimizer, v4.65
7 rows, 9 columns, 27 non-zeros
9 integer variables, all of which are binary
Preprocessing...
6 rows, 9 columns, 18 non-zeros
9 integer variables, all of which are binary
Scaling...
A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 5
Solving LP relaxation...
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
6 rows, 9 columns, 18 non-zeros
0: obj = 1.200000000e+01 inf = 1.000e+00 (1)
1: obj = 1.200000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
* 3: obj = 8.000000000e+00 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Integer optimization begins...
Long-step dual simplex will be used
+ 3: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 3: >>>> 8.000000000e+00 >= 8.000000000e+00 0.0% (1; 0)
+ 3: mip = 8.000000000e+00 >= tree is empty 0.0% (0; 1)
INTEGER OPTIMAL SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.1 Mb (149022 bytes)

```

FIGURE 3 – Logs de glpsol sur le problème GestionPersonnel en PLNE

```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithData.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
-m RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithData.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithData.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithData.mod.txt...
112 lines were read
Generating RespectInvestissementMax...
Generating RespectInvestissementMaxParProduit...
Generating RespectRisqueGlobal...
Generating RespectInvestissementMinMetaux...
Generating RespectInvestissementMinCreditOblig...
Generating Investissement...
Model has been successfully generated
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
11 rows, 6 columns, 65 non-zeros
Preprocessing...
10 rows, 6 columns, 59 non-zeros
Scaling...
A: min|aij| = 2.500e-01 max|aij| = 1.700e+00 ratio = 6.800e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 10
* 0: obj = -0.000000000e+00 inf = 0.000e+00 (6)
* 7: obj = 5.200000000e+05 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.1 Mb (131096 bytes)

```

FIGURE 4 – Logs de glpsol sur le problème Bourse en PL


```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithDataEntier.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
  -m RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithDataEntier.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithDataEntier.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\Bourse\ModelBoursewithDataEntier.mod.txt...
112 lines were read
Generating RespectInvestissementMax...
Generating RespectInvestissementMaxParProduit...
Generating RespectRisqueGlobal...
Generating RespectInvestissementMinMetaux...
Generating RespectInvestissementMinCreditOblig...
Generating Investissement...
Model has been successfully generated
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
11 rows, 6 columns, 65 non-zeros
Preprocessing...
10 rows, 6 columns, 59 non-zeros
Scaling...
  A: min|aij| = 2.500e-01 max|aij| = 1.700e+00 ratio = 6.800e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 10
*   0: obj = -0.000000000e+00 inf = 0.000e+00 (6)
*   7: obj = 5.200000000e+05 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.1 Mb (131102 bytes)

```

FIGURE 5 – Logs de glpsol sur le problème Bourse en PL

```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withData.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
  -m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withData.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withData.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withData.mod.txt...
72 lines were read
Generating RespectDemandeAuMieuxPossible...
Generating RespectStockMagasinParFluides...
Generating CoutCommandes...
Model has been successfully generated
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
9 rows, 6 columns, 18 non-zeros
Preprocessing...
2 rows, 4 columns, 4 non-zeros
Scaling...
  A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 2
  0: obj = 6.000000000e+00 inf = 2.500e+00 (2)
  2: obj = 1.050000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
*  4: obj = 8.500000000e+00 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.1 Mb (126545 bytes)

```

FIGURE 6 – Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 1 en PL

```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withDataEntier.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
-m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withDataEntier.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withDataEntier.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV1withDataEntier.mod.txt...
72 lines were read
Generating RespectDemandeAuMieuxPossible...
Generating RespectStockMagasinParFluides...
Generating CoutCommandes...
Model has been successfully generated
GLPK Integer Optimizer, v4.65
9 rows, 6 columns, 18 non-zeros
6 integer variables, none of which are binary
Preprocessing...
2 rows, 6 columns, 6 non-zeros
6 integer variables, 2 of which are binary
Scaling...
A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 2
Solving LP relaxation...
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
2 rows, 6 columns, 6 non-zeros
0: obj = 1.500000000e+01 inf = 2.000e+00 (2)
2: obj = 1.200000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
* 4: obj = 9.000000000e+00 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Integer optimization begins...
Long-step dual simplex will be used
+ 4: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 4: >>>> 9.000000000e+00 >= 9.000000000e+00 0.0% (1; 0)
+ 4: mip = 9.000000000e+00 >= tree is empty 0.0% (0; 1)
INTEGER OPTIMAL SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.1 Mb (146659 bytes)

```

FIGURE 7 – Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 1 en PLNE

```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withData.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
-m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withData.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withData.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withData.mod.txt...
85 lines were read
Generating RespectDemandeAuMieuxPossible...
Generating RespectStockMagasinParFluides...
Generating RespectCoutTransport...
Generating CoutCommandes...
Model has been successfully generated
GLPK Integer Optimizer, v4.65
15 rows, 18 columns, 57 non-zeros
6 integer variables, all of which are binary
Preprocessing...
10 rows, 18 columns, 34 non-zeros
6 integer variables, all of which are binary
Scaling...
A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 10
Solving LP relaxation...
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
10 rows, 18 columns, 34 non-zeros
0: obj = 2.100000000e+01 inf = 9.000e+00 (3)
9: obj = 1.700000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
* 16: obj = 1.500000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Integer optimization begins...
Long-step dual simplex will be used
+ 16: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 16: >>>> 1.500000000e+01 >= 1.500000000e+01 0.0% (1; 0)
+ 16: mip = 1.500000000e+01 >= tree is empty 0.0% (0; 1)
INTEGER OPTIMAL SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.2 Mb (168669 bytes)

```

FIGURE 8 – Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 2 en PL

```

C:\Users\zenon\code\GLPK
λ glpsol.exe -m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withDataEntier.mod.txt
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.65
Parameter(s) specified in the command line:
  -m RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withDataEntier.mod.txt
Reading model section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withDataEntier.mod.txt...
Reading data section from RO_TP1\RO_TP1\ECommerce\ModelECommerceV2withDataEntier.mod.txt...
85 lines were read
Generating RespectDemandeAuMieuxPossible...
Generating RespectStockMagasinParFluides...
Generating RespectCoutTransport...
Generating CoutCommandes...
Model has been successfully generated
GLPK Integer Optimizer, v4.65
15 rows, 18 columns, 57 non-zeros
18 integer variables, 6 of which are binary
Preprocessing...
10 rows, 18 columns, 34 non-zeros
18 integer variables, all of which are binary
Scaling...
  A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
Problem data seem to be well scaled
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 10
Solving LP relaxation...
GLPK Simplex Optimizer, v4.65
10 rows, 18 columns, 34 non-zeros
  0: obj = 2.100000000e+01 inf = 9.000e+00 (3)
  9: obj = 1.700000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
* 16: obj = 1.500000000e+01 inf = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Integer optimization begins...
Long-step dual simplex will be used
+ 16: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 16: >>>> 1.500000000e+01 >= 1.500000000e+01 0.0% (1; 0)
+ 16: mip = 1.500000000e+01 >= tree is empty 0.0% (0; 1)
INTEGER OPTIMAL SOLUTION FOUND
Time used: 0.0 secs
Memory used: 0.2 Mb (168675 bytes)

```

FIGURE 9 – Logs de glpsol sur le problème eCommerce Version 2 en PLNE