Compte rendu TP4: Stratégie de remplacement des avions par une compagnie aérienne

ELGHAZI Youness

Présentation du problème :

Pour séduire sa clientèle sur ses lignes long courrier, une compagnie de transport aérien veuille à mettre à disposition de ses voyageurs un parc d'avions de ligne régulièrement rénové.
Le gestionnaire du parc d'avions de la compagnie est appelé à décider de la stratégie de remplacement des avions pour les périodes à venir.
Le prix de la rénovation au bout d'une période et le coût de la de revente de l'avion sont deux paramètres à prendre en compte pour ce graphe.

Dans ce cadre, le gestionnaire du parc peut prendre deux types de décisions stratégiques :

- «décision A»: à la **fin de chaque période**, il examine quelle décision prendre: **garder** l'avion en exploitation ou le **remplacer** par un neuf;
- «décision B»: **chaque fois qu'on change d'avion**, il doit décider a priori du **nombre de périodes** pendant lequel cet avion sera conservé en exploitation.

Le gestionnaire du parc cherche à résoudre deux problèmes:

- Comment représenter toutes les stratégies possibles: une stratégie est une **succession de décisions possibles** du gestionnaire du parc,
- Comment trouver la meilleure stratégie: la **succession de décisions** qui engendre un **coût optimal** pour la compagnie.

Etude de la «décision A»

Présentation:

La décision A consiste, à la fin de chaque période:

- soit vendre l'avion et le remplacer par un neuf.

- soit le garder en exploitation.

Pour résoudre ce problème, je vais le ramener à un problème de graphe orienté. Soit G= (S, A, C) un graphe orienté valué. Avec:

- ❖ **S** = L'ensemble des **sommets** du graphe représentant soit le début d'une période, soit la fin d'une période.
- ❖ **A** = L'ensemble des **arcs** représentant les décisions : vendre ou garder l'avion.
- ❖ **C** = **coût** représente la conséquence financière de la décision et définis par la formule: $C_i = P_i + E_i - R_i$.

Initialement on est au sommet 0 avec un avion neuf. Si la décision est de vendre l'avion à la fin de la première période on se trouverait dans un état représenté par le sommet 1.1. L'arc (0,1.1) formalise cette décision.

Si la décision est de garder l'avion on serait dans un autre état représenté par le sommet 1.2. L'arc (0 , 1.2) qui formalise cette decision.

Pour la deuxième et la troisième période, quelque soit l'état en début de période on aura 2 choix possibles à la fin de la période: vendre ou garder.

Quelle que soit la situation dans laquelle on se trouve à la fin de la période 3, il est prévu une seule decision, c'est vendre l'avion à la fin de la période 4. Alors Il n'y aura qu'un seul arc issu d'un sommet numéroté 3.i.

Le but étant de trouver la meilleure stratégie possible, c'est à dire l'enchaînement de décisions le plus optimal d'un point de vue financier, et ces décisions et leur conséquence étant représentées par des sommets et le coût de leurs arcs, il s'agit donc de rechercher le chemin le plus minimal possible entre le sommet racine de l'arbre et l'un des sommets de niveau 4 à l'extrémité de ses branches.

Le graphe étant une arborescence, il serait superflux d'appliquer un algorithme tel que celui de ***Bellman*** ou de ***Dijkstra***. Je préfère donc appliquer une solution ***exhaustive***, parcourant et calculant le coût de toutes les branches de l'arborescence.

Réalisation:

Soit :

G = (S, A) un graphe orienté avec :

S = {0, 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 3.7, 3.8}

Et **A** = {(0->1.1), (1.1->2.1), (2.1->3.1), (3.1->4.1), (2.1->3.2), (3.2->4.2), (1.1->2.2), (2.2->3.3), (3.3->4.3), (2.2->3.4), (3.4->4.4), (0->1.2), (1.2->2.3), (2.3->3.5), (3.5->4.5), (2.3->3.6), (3.6->4.6), (1.2->2.4), (2.4->3.7), (3.7->4.7), (2.4->3.8), (3.8->4.8)}

Le coût des arcs est présenté par le tableau suivant :

Décision	**Conséquence**	**Coût**
(0,1.1)	P1 + E1 - R1	10
(1.1, 2.1)	P2 + E2 - R2	20
(1.1, 2.2)	P2 + E2	377
(2.1, 3.1)	P3 + E3 - R3	53
(2.1, 3.2)	P3 + E3	393
(2.2, 3.3)	E3 – R3	-315
(2.2, 3.4)	E3	45
(3.1, 4.1)	P4 + E4 - R4	96
(3.2, 4.2)	E4 - R4	-275
(3.3, 4.3)	P4 + E4 - R4	96
(0, 1.2)	P1 + E1	370
(1.2, 2.3)	E2 - R2	-347
(1.2, 2.4)	E2	10
(2.3, 3.5)	P3 + E3 - R3	53
(2.3, 3.6)	P3 + E3	393
(2.4, 3.7)	E3 - R3	-315
(2.4, 3.8)	E3	25
(3.5, 4.5)	P4 + E4 - R4	96
(3.6, 4.6)	E4 - R4	-275
(3.7, 4.7)	P4 + E4 - R4	96
(3.8, 4.8)	E4 - R4	-275
(3.4, 4.4)	E4 - R4	-275

On obtient le graphe orienté suivant:

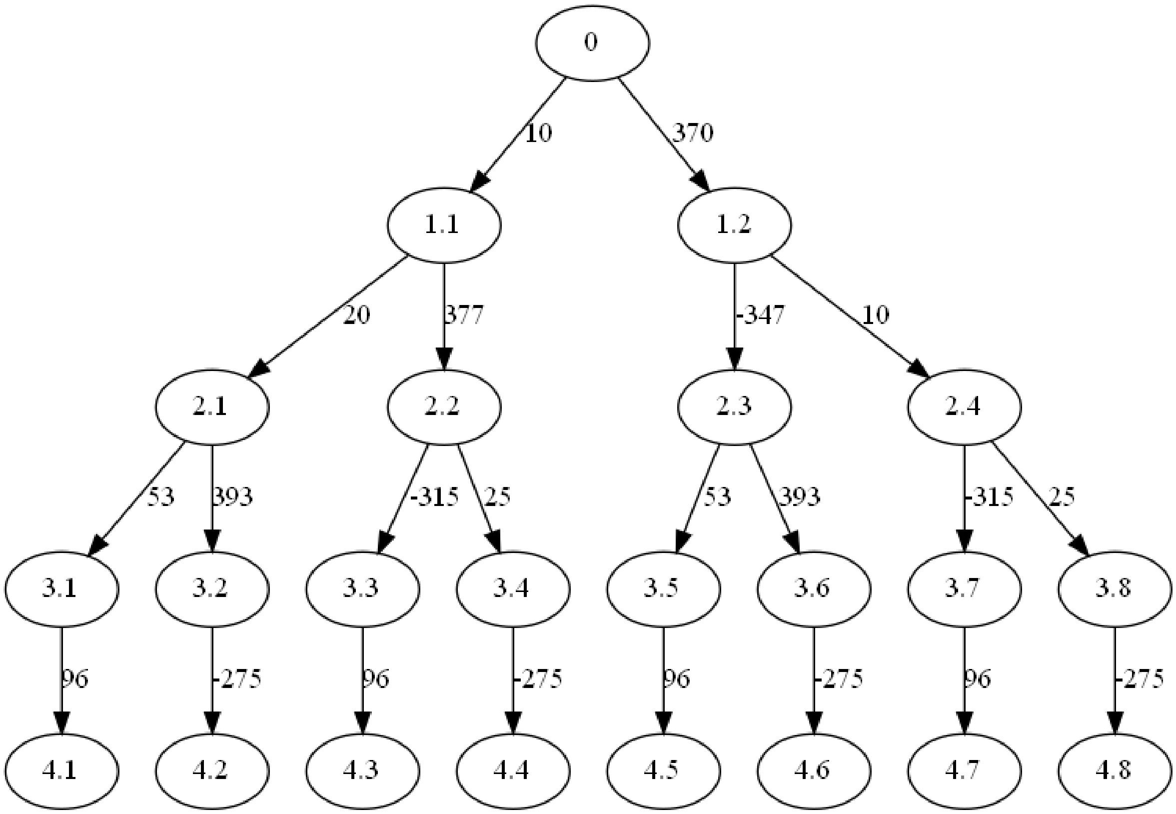

Figure 1 : Le graphe G

Le résultat de la solution exhaustive:

```
graph
"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0\bin\java.exe" ...
Decision A [0, 1.2, 2.4, 3.8, 4.8]. Couts : 130.0

Process finished with exit code 0
```

Figure 2 : Le résultat de la solution exhaustive

Le résultat est le chemin de coût 130 composé des sommets [0, 1.2, 2.4, 3.8, 4.8]. Ce chemin correspond à la strétégie de garder l'avion à la fin des périodes 1,2 et 3 et le vendre à la fin de la période 4. Le coût résultant de cette stratégie est : 370 + 10 + 25 - 275 = 130.

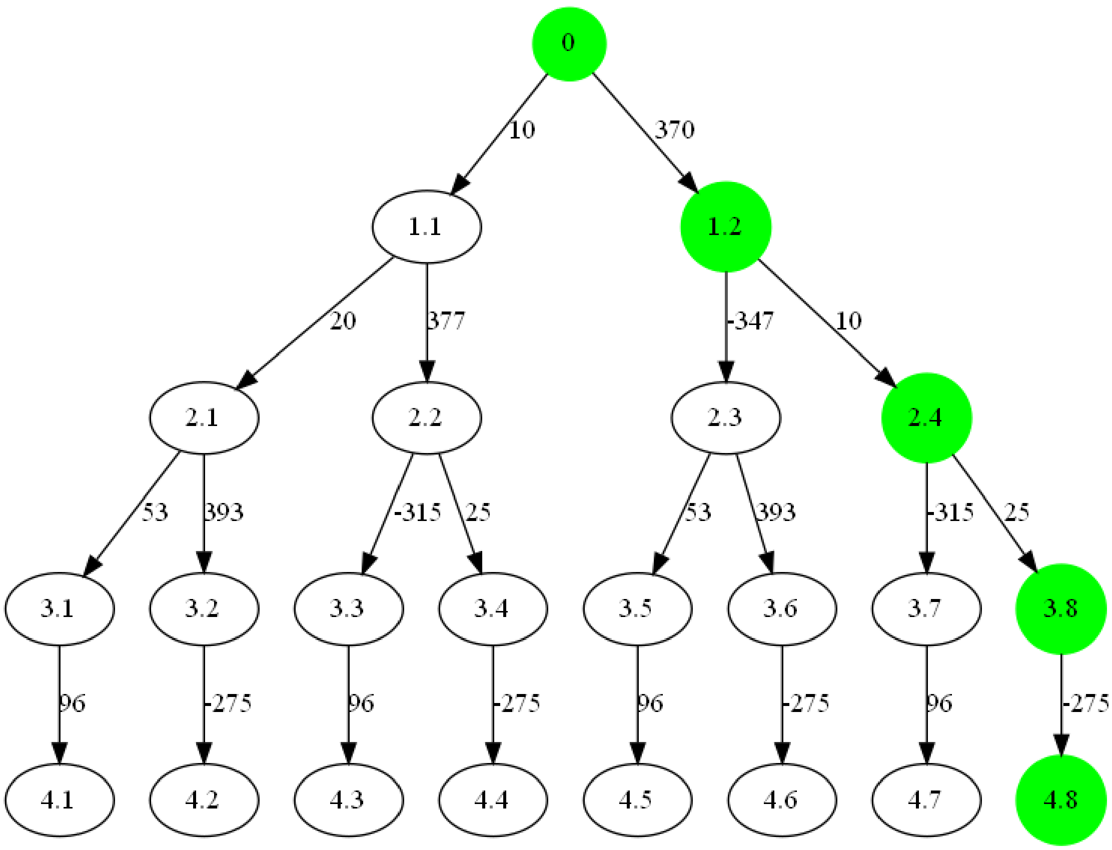

Figure 3 : Le chemin optimal

Etude de la «décision B»

Présentation:

Il s'agit cette fois de décider à priori du nombre de périodes pendant lequel un avion neuf sera conservé en exploitation.

Une décision correspond à la durée pendant laquelle on va garder un avion neuf. La décision d'acquérir un avion neuf à la date i pour le revendre à la date j est représenté par arc (i,j) du graphe. Une stratégie possible correspond à une suite de décision.

Comme dans le cas précédent, je propose un graphe orienté valué G = (S,A,F) avec cette fois:

-S les sommets représentant les échéances.

-A les arcs (i,j) représentant la décision d'acheter un avion neuf à la date i, et sa revente à la date j.

-F la fonction de coût associée aux arcs représentant la conséquence financière de la décision.

Réalisation:

Soit G = (S, A, F) avec:

S = {0, 1, 2, 3, 4}

A = {(0->1), (0->2), (0->3), (0->4), (1->2), (1->3), (1->4), (2->3), (2->4), (3->4)}

Et les couts sont calculé dans le tableau suivant:

Décision	Conséquence	Coût
(0, 1)	P0 + E1 - R1	10
(0, 2)	P1 + E2 - R2	20
(0, 3)	P2 + E3 - R3	53
(0, 4)	P3 + E4 - R4	96
(1, 2)	P0 + E1 + E2 - R2	23
(1, 3)	P1 + E2 + E3 – R3	62
(1, 4)	P2 + E3 + E4 – R4	118
(2, 3)	P0 + E1 + E2 + E3 – R3	65
(2, 4)	P1 + E2 + E3 + E4 – R4	127
(3, 4)	P0 + E1 + E2 + E3 + E4 – R4	127

Le graphe sera représenté comme ci-dessous:

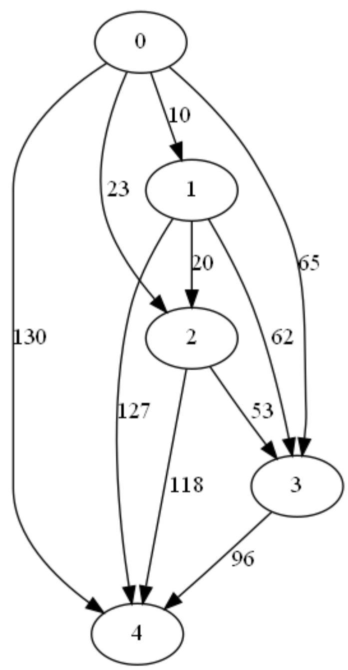

Figure 4 : Le graphe G

Dans le graphe, une stratégie possible est représentée par un chemin ayant pour origine le sommet 0 et pour extrémité le sommet 4

La recherche de la meilleure stratégie est modélisée par la recherche du plus court chemin dans ce graphe entre le sommet 0 et le sommet 4

La recherche de la meilleure stratégie est modélisée par la recherche du plus court chemin dans ce graphe entre le sommet 0 et le sommet 4. La méthode de recherche du chemin de coût minimal doit a priori écarter l'algorithme de ***Dijkstra***. En effet, il arrive que le coût d'un arc prend une valeur négative. Pour cette raison, la solution de ***Bellman*** est plus efficace.

Le résultat de l'algorithme de ***Bellman***:

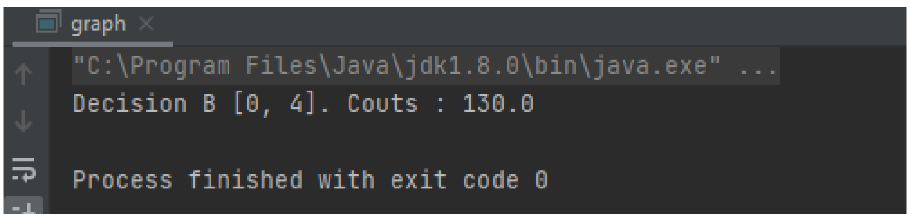

Figure 5 : Le résultat de l'algorithme de Bellman

Le résultat est le chemin de coût 130 composé des sommets [0,4]. Ce chemin correspond à la stratégie de l'acquisition d'un avion neuf pour 4 périodes. A l'arc (0,4) on associe un coût égal au prix d'acquisition au départ additionné de l'entretien pendant 4 périodes diminué de la valeur de revente à la fin de la période 4.

Comme on voit la décision A permet de représenter toute les stratégies possible sous la forme d'un arbre. Cependant, elle conduit à une solution exhaustive qui n'est pas très efficace. Alors que la décision B permet de retrouver une solution de façon beaucoup plus efficace que la décision A.

Pour l'implémentation de l'algorithme, j'ai choisi de travailler avec **JAVA** à l'aide de la librairie ***JGraph***.
Pour dessiner le graphe, j'ai utilisé "***Graphviz***" qui est un outil très performant, avec le langage "***DOT***" pour définir le graphe visualisé par "***Graphviz***".

Conclusion:

J’ai appris dans ce TP comment ramener un problèmes réels tels que la prise d'un enchaînement optimal de décision financières à un problème classique de graphe. En plus, savoir quelle algorithme utilisé pour résoudre le problème de recherche du chemin optimal de coût minimum. Alors que j’ai choisi de résoudre le problème du graphe avec l’algorithme de ***Bellman***. Et enfin, j’ai transmis la solution du graphe à une solution réelle pour le problème donné.