Projet : Partage de biens d'une colonie spatiale (partie 1)

I Problématique

Après chaque mission de ravitaillement, le commandant d'une colonie spatiale doit répartir des ressources critiques entre les colons. Parmi ces ressources, chaque colon doit recevoir une des ces ressources critiques (e.g., un équipement ou une ration de vivres essentiels). Pour maintenir l'harmonie dans la colonie, le commandant demande à chaque membre de lui soumettre ses préférences sur les ressources allouées et doit tenter de les respecter au mieux. En plus de ces préférences, il doit tenir compte des relations entre les colons. Certains s'entendent mal, et une mauvaise répartition des ressources pourrait entraîner des conflits ou mettre en danger la survie de la colonie...
Le commandant nous demande donc de l'aider, en développant un logiciel qui permet de :

1) représenter les colons et les relations entre eux ;

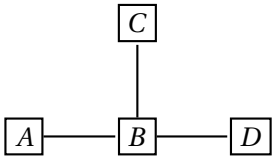
2) simuler le partage des ressources entre colons ;

3) calculer le coût d'une affectation (i.e., le nombre de colons jaloux), et de le minimiser.

Nous réaliserons ces tâches de façon incrémentale, afin d'avoir à la fin du semestre un logiciel fonctionnel.

II Modélisation

Une instance du problème est composée d'une colonie de n colons, qui doivent se partager n ressources (avec $n \geq 1$). On peut représenter les relations entre les membres de la colonie comme un graphe non orienté, dans lequel chaque noeud représente un colon, et chaque arête dans le graphe représente une relation « ne s'aiment pas » entre deux colons. En plus du graphe, on connait les préférences de chaque colon concernant les ressources à partager. Pour un colon donné c, ses préférences peuvent être représentées par une relation d'ordre strict. La Figure 1 décrit un exemple où la colonie est composée de 4 colons A, B, C et D qui doivent se partager 4 objets o_1, o_2, o_3 et o_4. Les colons s'entendent bien dans l'ensemble, sauf le colon B qui n'aime personne (et n'est aimé de personne). On voit par exemple que les préférences de A sont $o_1 \succ_A o_2 \succ_A o_3 \succ_A o_4$ (o_1 est sa ressource préférée, puis o_2, etc.). Les préférences des autres colons ($\succ_B$, $\succ_C$ et $\succ_D$) sont également données.



Colon	Préférences
A	$o_1 \succ_A o_2 \succ_A o_3 \succ_A o_4$
B	$o_1 \succ_B o_3 \succ_B o_2 \succ_B o_4$
C	$o_3 \succ_C o_2 \succ_C o_1 \succ_C o_4$
D	$o_1 \succ_D o_4 \succ_D o_2 \succ_D o_3$

FIGURE 1 – Un exemple de colonie avec les préférences des colons

Une solution du problème est une affectation d'un objet à chaque colon. Un colon est jaloux si un des colons qu'il n'aime pas obtient un objet qu'il aurait préféré avoir. Par exemple, si le colon B obtient o_3, et C obtient o_2, alors C est jaloux de B car il aurait préféré avoir l'objet d'un des colons qu'il n'aime pas. Le nombre de colons jaloux représente le coût d'une affectation. Remarque : un colon ne compte que pour 1 dans le coût de la solution, même s'il est jaloux de plusieurs de ses voisins.

1. Exemples
Regardons ce qu'il se passe avec deux affectations de ressources possibles à chacun des colons.

Pour la première affectation (Figure 2), le commandant a décidé d'affecter la ressource o_1 au colon A, la ressource o_2 au colon B, la ressource o_3 au colon C et la ressource o_4 au colon D. On observe donc que :

- A reçoit sa ressource préférée donc il n'est pas jaloux. Même chose pour le colon C.
- D reçoit son deuxième objet préféré. Il aurait préféré o_1, mais ce n'est pas grave dans ce cas car aucun des colons qu'il n'aime pas (ici en l'occurence B) n'a reçu cet objet. D n'est donc pas jaloux.
- B est jaloux de A qui a reçu o_1 (car $o_1 \succ_B o_2$) et de C qui a reçu o_3 (car $o_3 \succ_B o_2$).

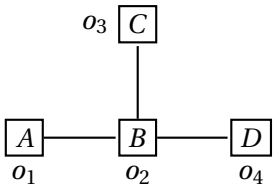


FIGURE 2 – Affectation 1

Le coût de cette affectation est donc 1 (seul B est jaloux).

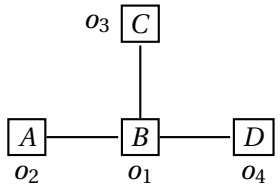


FIGURE 3 – Affectation 1

Pour la deuxième affectation (Figure 3), le commandant a décidé d'affecter la ressource o_2 au colon A, la ressource o_1 au colon B, la ressource o_3 au colon C et la ressource o_4 au colon D. On observe donc :

- B et C ont reçu leur objet préféré, ils ne sont donc pas jaloux.
- A a reçu l'objet o_2, or il aurait préféré l'objet o_1 qui a été attribué à B. Donc A est jaloux de B. Même remarque pour D avec o_4 qui est jaloux de B.

A et D sont tous les deux jaloux de B, donc le coût de cette affectation est 2. Cette affectation est donc moins bonne que la précédente (car le but est de minimiser le nombre de colons jaloux).

2. Remarques et Restrictions
Concernant les restrictions, il est important de noter que dans le cadre de la réalisation de ce projet :

- On considère qu'il y aura toujours autant de ressources que de colons. Cela implique qu'il ne faut pas traiter les cas où il y a moins de ressources que de colons et inversement.
- La relation de préférences pour un colon est une relation d'ordre strict, i.e., on peut comparer tous les couples de ressources et il ne peut pas y avoir deux ressources avec le même niveau de préférence.
- La relation "ne s'aiment pas" est une relation symétrique, i.e., si A n'aime pas B alors cela implique forcément que B n'aime pas A également.

Et quelques remarques supplémentaires :

- Pour certaines configurations, il sera impossible de trouver une affectation avec un score de 0 (i.e., aucun colon n'est jaloux). Dans ce cas, la solution optimale sera la ou les affectations qui minimisera le nombre de colons jaloux.
- Il y a forcément une solution optimale (i.e., affectation qui minimisera le nombre de colons jaloux) pour chaque configuration de colonie possible.
- Pour une configuration de colonie donnée, le score minimal peut être obtenu par une ou plusieurs affectations possibles.

III Instructions

1. Tâches à réaliser

Pour la première étape du projet, vous devez développer un programme qui permet à un utilisateur de configurer manuellement la colonie. Au démarrage, le programme doit demander à l'utilisateur le nombre de colons n. Ce nombre sera également égal au nombre d'objets que les colons doivent se partager. On considèrera pour l'instant que les colons sont nommés par les lettres de l'alphabet en majuscule, le premier s'appelant A, le deuxième B,... Le projet sera donc testé avec au plus 26 colons (pour la partie 1, mais cela changera dans la partie 2). Les ressources/objets sont numérotés de 1 à n.
Une fois que le nombre de colons n est fixé par l'utilisateur, un menu s'affiche avec deux options possibles :

1) ajouter une relation entre deux colons ;

2) ajouter les préférences d'un colon ;

3) fin.

Dans le cas où l'option 1 est retenue, on demande à l'utilisateur les colons entre lesquels il faut ajouter une relation «ne s'aiment pas», puis on revient au menu précédent. Dans le cas où l'option 2 est retenue, l'utilisateur doit d'abord taper le nom d'un colon, suivi de la liste qui correspond aux préférences du colon. Par exemple,

```
A 1 2 3
```

signifie que le colon préfère l'objet 1, puis l'objet 2, puis l'objet 3. Veillez à bien séparer les informations par (au moins un) espace. Dans le cas où l'option 3 est retenue, l'utilisateur a terminé de représenter les relations entre les membres de la colonie. Dans ce cas, vous devez vérifier que chaque colon possède bien une liste de préférences. Si ce n'est pas le cas, vous donnerez le nom des colons pour lesquelles il y a un problème avec ses préférences (absentes, incomplètes, ...).

L'utilisateur peut maintenant essayer de trouver une solution au problème. En effet, une fois la construction de la colonie terminée et validée, **une première solution naïve est proposée automatiquement à l'utilisateur** : chaque colon (dans l'ordre de votre choix) reçoit son objet préféré s'il est disponible, ou son deuxième objet préféré s'il est disponible,...
Ensuite, l'utilisateur aura la possibilité de changer manuellement l'affectation des objets entre deux colons afin d'espérer trouver une meilleure affectation. Pour cela, il fait face à un menu qui propose trois options :

1) échanger les ressources de deux colons ;

2) afficher le nombre de colons jaloux ;

3) fin.

Quand l'option 1 est sélectionnée, on demande à l'utilisateur d'indiquer les noms de deux colons, puis le programme échange les ressources affectés à ces deux colons. Quand l'option 2 est sélectionnée, le programme affiche le nombre de colons jaloux avec l'affectation actuelle. Après chaque action de l'utilisateur, un message rappelle qui possède actuellement quel objet, avec le format suivant :

```
A:2
B:1
C:3
D:4
```

qui correspond à l'affectation décrite dans la Figure 3.
Enfin, si l'option 3 est sélectionnée, le programme s'arrête.
Il est nécessaire de gérer certaines erreurs. Par exemple, il faudra vérifier que les préférences rentrées par l'utilisateur concernent un colon qui existe et que les préférences ont été donné sur toutes les ressources existantes. Même chose pour l'échange de ressources dans le seconde menu, il faudra vérifier que les colons donnés par l'utilisateur existe bien. Un autre exemple d'erreur à gérer concerne le menu. En effet, quand le menu propose trois options, il faut indiquer à l'utilisateur que sa réponse est incorrect s'il essaye de taper 4. Par contre, il n'est pas demandé (du moins pour cette première partie) de gérer les erreurs dues à l'entrée

d'une information de mauvais type (par exemple si l'utilisateur entre le nombre 1,5 au lieu d'un nombre entier). Ce type d'erreur sera à gérer dans la second partie.

2. Remise du projet

Ce projet est à réaliser par groupes de **deux ou trois étudiants** à constituer vous-mêmes, issus du **même groupe de TD**. Votre code source de cette première partie (et uniquement de cette partie), correctement documenté, sera à remettre sur Moodle au plus tard le **8 novembre 2024**, sous forme d'une **archive jar ou zip (un seul dépôt par binôme/trinôme)**. Cette partie ne sera pas évaluée mais chaque groupe devra faire une démonstration de son programme à son chargé de TD durant la séance de TP la semaine du 18 novembre. Celui-ci vous donnera des conseils, si nécessaire, aussi bien sur le rendu du programme mais aussi sur les choix de conception faits et le code réalisé.

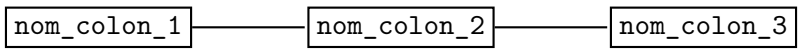
Projet : Partage de biens d'une colonie spatiale (partie 2)

I Entrées-Sorties

Lors de la première phase du projet, vous avez dû construire à la main votre colonie (nombres de colons, préférences des colons et liens entre les colons). Cela peut s'avérer fastidieux surtout avec un grand nombre de colons. La première modification majeure va consister à simplifier cette phase là. Nous souhaitons maintenant que le programme puisse lire dans un fichier texte la description de la colonie (c'est-à-dire le graphe des relations, et les préférences de chaque colons). Un tel fichier devra respecter le format suivant :

```
colon(nom_colon_1).
colon(nom_colon_2).
colon(nom_colon_3).
ressource(nom_ressource_1).
ressource(nom_ressource_2).
ressource(nom_ressource_3).
deteste(nom_colon_1,nom_colon_2).
deteste(nom_colon_2,nom_colon_3).
preferences(nom_colon_1,nom_ressource_1,nom_ressource_2,nom_ressource_3).
preferences(nom_colon_2,nom_ressource_2,nom_ressource_1,nom_ressource_3).
preferences(nom_colon_3,nom_ressource_3,nom_ressource_1,nom_ressource_2).
```

Pour être valide, le fichier doit impérativement respecter l'ordre de définitions des éléments : d'abord définir les colons, puis les ressources, puis le liens entre colons et enfin les préférences des colons. Les colons et les ressources peuvent avoir un nom quelconque mais, pour simplifier les choses, nous supposerons qu'ils seront uniquement constitués de caractères alpha-numériques (des lettres minuscules ou majuscules et des chiffres). Par exemple, le fichier précédemment décrit correspond à la colonie et aux préférences illustrés en Figure 1.




```
nom_colon_1: nom_ressource_1 > nom_ressource_2 > nom_ressource_3
nom_colon_2: nom_ressource_2 > nom_ressource_1 > nom_ressource_3
nom_colon_3: nom_ressource_3 > nom_ressource_1 > nom_ressource_2
```

FIGURE 1 – La colonie et les préférences correspondant au fichier texte

II Automatisation de la recherche de solution

Rechercher une solution manuellement s'avère également être un exercice fastidieux. L'objectif est donc d'utiliser un algorithme permettant d'automatiser la recherche d'une meilleure solution (i.e., trouver une affection ayant un nombre de colons jaloux plus petit). Nous présentons ici un algorithme naïf pour une résolution approximative du problème. On suppose ici que la colonie est constitué du graphe et des préférences (cela ne veut pas dire que c'est la meilleure modélisation possible, ni qu'il faut obligatoirement que votre modélisation soit similaire). On suppose aussi que la solution est une liste telle que le premier élément est la ressource allouée au premier colon, le deuxième élément la ressource allouée au deuxième colon, … (même remarque sur la modélisation).

Algorithm 1 Un algorithme approximatif (naïf)

Input: Une colonie E, un entier positif k
Ensure: Une affectation colon/ressource
  $i \leftarrow 0$
  $S \leftarrow$ solutionNaive(E)
  while $i < k$ **do**
    Choisir au hasard un pirate $p \in E$
    Choisir au hasard un voisin $q \in E$ de p
    $S' \leftarrow$ echange(p,q)
    if cout(S) > cout(S') **then**
      $S \leftarrow S'$
    end if
    $i \leftarrow i+1$
  end while
  return S

La fonction `solutionNaive(E)` retourne l'affectation naïve utilisée pour l'initialisation de l'allocation dans la partie 1 (le premier colon reçoit sa ressource préférée, le deuxième colon reçoit sa ressource préférée si elle est encore disponible, sinon sa deuxième ressource préférée,...).
La fonction `echange(p,q)` échange tout simplement l'objet du colon `p` avec l'objet du colon `q`.
La fonction `cout(S)` retourne le nombre de colons jaloux dans l'affectation S passée en paramètre.
Intuitivement, à partir d'une affectation potentielle, on essaye d'améliorer le résultat localement en échangeant les ressources de deux colons. Au bout de k (tentatives d')échanges, on s'arrête (autrement, l'algorithme bouclerait indéfiniment).
Bien entendu, cet algorithme ne garantit pas de trouver une solution optimale, il permet seulement de s'en approcher (plus ou moins bien). C'est pour cela que l'on parle d'algorithme approximatif. Cet algorithme peut vous servir de base de travail pour proposer un algorithme plus efficace.

III Tâches à réaliser

Pour la seconde étape du projet, vous devez développer un programme qui permet à un utilisateur de configurer la colonie à partir d'un fichier texte (voir Section I). Le programme prend en entrée **sur la ligne de commande** le nom d'un fichier (ou plutôt le chemin vers le fichier texte) dans lequel la colonie et les préférences sont définies. Rappelons que les paramètres de la ligne de commande sont utilisables via le paramètre `String[] args` de la méthode `main`. Si vous ne passez pas d'arguments en ligne de commande, le programme effectuera le travail que vous avez fait lors de la partie 1 du projet (i.e., construction manuelle de la colonie et recherche manuelle d'une meilleure solution).
Avant de passer à la suite, il vous est demandé de vérifier que les informations stockées dans le fichier texte respecte bien le format et ne comporte pas d'erreurs. Voici une liste non exhaustive des erreurs à vérifier :

- le fichier respecte bien la syntaxe définie dans la section I (e.g., l'ordre est bien respecté, pas d'oubli de point à la fin de chaque ligne, ne pas d'éléments autres que colon, ressource, deteste, preferences) ;
- avoir le même nombre de colon et de ressources ;
- avoir le bon nombre de paramètres pour chaque élément (1 pour colon et ressource, 2 pour deteste et $n+1$ pour préférences s'il y a n colons) ;
- les arguments passés en paramètre de deteste et preferences doivent avoir été définis ;
- ...

Si vous constatez une erreur, avant d'arrêter le programme, il faudra alors la signaler à l'utilisateur et expliquer l'origine du problème accompagné de la ligne du fichier à laquelle l'erreur est survenue (attention

l'utilisateur n'a pas forcément de notions d'informatique).

Une fois que le fichier est considéré comme correct, celui-ci est lu et un menu à trois options est proposé à l'utilisateur :

1) résolution automatique ;

2) sauvegarder la solution actuelle ;

3) fin.

Dans le cas où l'option 1 est retenue, un algorithme de votre choix (possiblement inspiré de l'algorithme décrit précédemment, mais ce n'est pas obligatoire) propose une solution, et affiche le coût de la solution. Plus votre algorithme sera efficace, plus vous aurez de points concernant cette partie. Après cela, on revient au menu.
Quand l'option 2 est sélectionnée, le programme demande à l'utilisateur le nom d'un fichier (différent de celui décrivant la colonie), et y enregistre la solution actuelle. Le contenu du fichier devra respecter le format suivant :

```
nom_colon_1:nom_ressource_1
nom_colon_2:nom_ressource_2
nom_colon_3:nom_ressource_3
```

Enfin, si l'option 3 est sélectionnée, le programme s'arrête. Il est nécessaire de gérer toutes les erreurs. Par exemple, quand le menu propose trois options, il faut indiquer à l'utilisateur que sa réponse est incorrecte s'il essaye de taper 3. Il est également demandé de gérer les exceptions, donc (par exemple) si l'utilisateur tape 1.5 ou « abc » au lieu d'un nombre entier, il faut gérer l'exception qui est levée.

Bonus (optionnel) : Un groupe a la possibilité d'obtenir des points bonus si :

- le code est convenablement couvert par des tests unitaires ;
- une interface graphique du programme est proposée ;

Veuillez noter que ces tâches sont optionnels et les points seront appliqués uniquement si l'ensemble des fonctionnalités demandées a été correctement implémenté (par exemple si la résolution automatique retourne un score qui ne correspond pas à l'affectation faite alors il n'y aura aucun point bonus même si une interface graphique et des tests unitaires ont été implémentés).

IV Remise du projet

La deuxième partie du projet doit être réalisée par les mêmes binômes/trinômes que la première partie. Votre code source, correctement documenté, sera à remettre sur Moodle au plus tard le 22 décembre 2024, sous forme d'une archive jar ou zip (un seul dépôt par binôme/trinôme). Avant d'exporter votre projet sous forme d'archive, pensez à le renommer en utilisant vos noms !
En plus du code source, vous devrez fournir un fichier README qui précisera :

- la classe doit être utilisée pour exécuter votre programme (c'est-à-dire où se trouve la méthode main),
- si vous avez implémenté un algorithme de résolution automatique plus efficace que celui proposé dans ce sujet et, si oui, expliquer celui-ci ;
- les fonctionnalités vous avez correctement implémentées, et lesquelles sont manquantes ou présentent des problèmes.

Le non-respect de certaines consignes pourra être pénalisé par un malus dans la note du projet.