

TP 6 : Résolution de jeux

Héritage, Interfaces

Avant de démarrer le TP, vérifiez que vous n'avez pas atteint votre quota d'espace de stockage autorisé et libérez l'espace si nécessaire.

CONSIGNES :

- Vous respecterez toutes les consignes indiquées dans le [TP4](#)
- Vous essaieriez de respecter au maximum les consignes indiquées dans le [TP5](#).

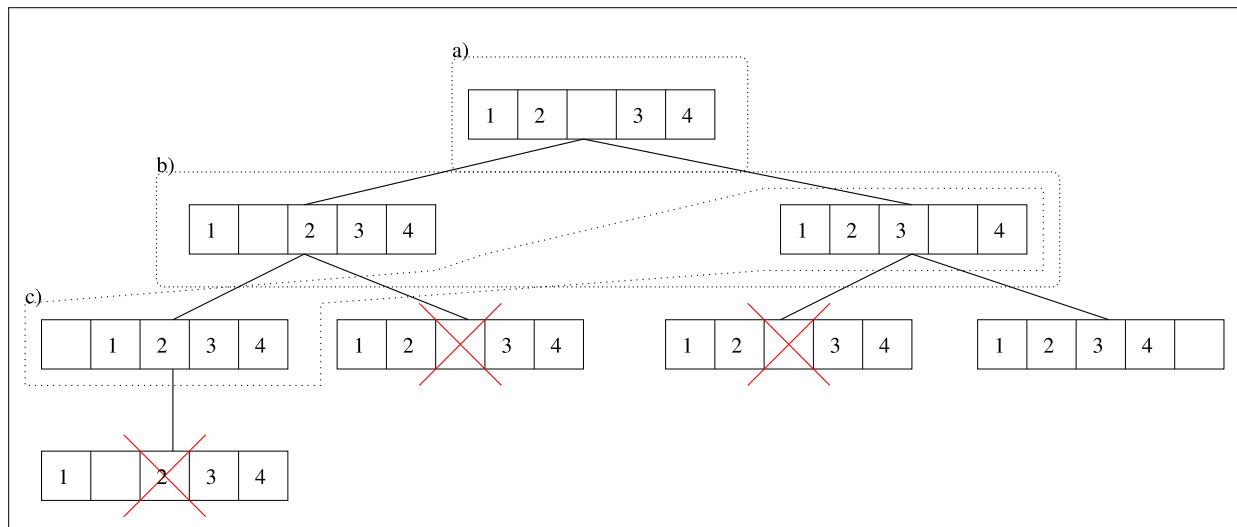
Le site du TP où vous allez trouver le lien pour forker (attention, pas de fork à la main!) :

<https://github.com/IUTInfoMontp-M2103/TP6>

Date limite de rendu de votre code sur le dépôt GitHub : **Dimanche *** à 23h00**

L'objectif de ce TP est d'écrire un algorithme qui résout par exploration totale n'importe quel "puzzle". Nous allons illustrer cet algorithme sur un puzzle très simple : un [taquin](#) en une dimension. Puis, vous implémenterez dans les Exercices 1, 2 et 3m cet algorithme sur un taquin en deux dimensions. Enfin, vous généraliserez cet algorithme à n'importe quel puzzle dans l'Exercice 4.

Reprenons l'exemple d'un taquin en une dimension à 5 cases. La position initiale (notée 1 2 * 3 4) du taquin est dessinée en haut de la figure ci-dessous :



Le trou se trouve au milieu, avec les palets 1 et 2 à gauche, et 3 et 4 à droite. On considère que la position gagnante est 1 2 3 4 *. Nous allons décrire informellement l'algorithme pour résoudre le taquin. Cet algorithme utilise deux variables :

- **frontiere** : qui va contenir à chaque instant un ensemble de configurations de taquin différentes qu'il reste à examiner
- **dejaVues** : qui va contenir à chaque instant l'ensemble des configurations déjà examinées.

On initialise **frontiere** et **dejaVues** avec la configuration initiale, et on maintiendra l'invariant que **frontiere** est un sous-ensemble de **dejaVues**. À chaque étape, on extrait une configuration de la frontière, on en génère toutes les configurations "filles" c'est-à-dire les configurations atteignables en effectuant *un seul mouvement valide*, puis on ajoute à **frontiere** et à **dejaVues** toutes les configurations filles qui n'ont pas été déjà vues. Les ensembles de configurations a), b) et c), délimités en pointillés, indiquent l'évolution de la frontière lors des 3 premières étapes (en supposant que lorsque la frontière était égale à b), c'est la configuration 1 * 2 3 4 qui a été extraite). Remarquez

que les configurations barrées ne sont pas ajoutées à la **frontiere** (ni à **dejaVues**) puisqu'elles sont déjà présentes dans **dejaVues** au moment où l'on essaye de les ajouter. L'algorithme se termine lorsqu'il atteint une configuration gagnante, ou lorsque la frontière devient vide. Ainsi on obtient une structure arborescente (ou arbre d'exploration) représentant l'ensemble de mouvements valides obtenus à partir de la racine (configuration initiale).

Remarque : Certaines configurations du taquin ne sont pas résolubles. En une dimension il est facile de voir que les cases ne peuvent pas se croiser (donc par exemple la configuration 2 1 * 3 4 ne peut pas être résolue) et en deux dimensions on peut montrer que la moitié des configurations initiales possibles n'admettent pas de solution (cf. [page Wikipédia](#) pour une caractérisation).

L'algorithme expliqué ci-dessus, permet de résoudre le taquin, à savoir obtenir la configuration finale gagnante si elle existe. Dans ce qui suit, on vous demandera également de stocker la *trace* de la solution, qui indique les configurations obtenues à chaque étape intermédiaire pour arriver à la solution finale. Avoir la trace est intéressant pour un utilisateur, afin de voir la stratégie à adopter pour résoudre le puzzle à partir de la configuration initiale. C'est aussi pratique pour vérifier si votre programme fonctionne correctement... La trace de la solution va correspondre à une liste chaînée de configurations construite de la façon suivante : lorsqu'une configuration **c2** est générée à partir d'une configuration **c1**, on mémorisera que le "père" de **c2** est **c1**. Un maillon de cette liste chaînée est donc un couple (*configuration taquin, couple parent*).

Exercice 1

La classe **Taquin** vous est donnée dans le package **fr.umontpellier.iut**. Vous devez la compléter comme suit :

1. Ajoutez un attribut de type `int[][]` qui représentera le plateau de jeu et implémentez un constructeur de votre choix. On représentera le trou du plateau par le chiffre 0.
2. Redéfinissez la méthode `toString()` (de la classe `Object`) afin d'afficher le contenu du plateau de **Taquin**.
3. Complétez la méthode `public boolean estGagnant()` afin qu'elle retourne *vrai* si le plateau est dans une configuration gagnante et *faux* sinon. Pour un taquin en deux dimensions, la position gagnante est la configuration :

1	2	3
4	5	6
7	8	0

4. Complétez la méthode `public ArrayList<Taquin> genererFils()` qui retourne la liste des objets **Taquin** que l'on peut obtenir en faisant un mouvement valide. **Attention**, cette méthode ne doit pas modifier `this`, et les taquins retournés dans la liste doivent être "indépendants" de `this` (c'est-à-dire avoir leur propre tableau d'entiers comme plateau).
5. Redéfinissez la méthode `equals(Object o)` de la classe `Object` afin qu'elle permette de comparer le **Taquin** courant avec un autre passé en paramètre.

Astuce : Nous vous conseillons d'utiliser votre IDE pour redéfinir `equals(Object o)` et de prendre le temps de comprendre le code qu'il vous générera. Vous ajusterez cette redéfinition, en fonction de la logique du code de votre classe **Taquin**. Prêtez également attention à la redéfinition de la méthode `public int hashCode()` de `Object` qui va être faite. Discutez-en également avec votre enseignant (voir également le [cours](#)).

6. Vérifiez votre programme en instanciant dans la classe principale (**App**) des taquins avec des configurations initiales (parfois différentes, parfois égales) et comparez-les pour s'assurer que la méthode `equals(Object o)` fonctionne correctement. Pour chacun des taquins instanciés, vous afficherez la liste des fils retournée par `genererFils()`.

Exercice 2

Rappelez-vous que nous aurons besoin de "couples chaînés" pour pouvoir retrouver la suite des coups effectués lorsque l'algorithme trouve une position gagnante. C'est pour cela que la classe `Couple` vous est donnée. Complétez cette classe de la façon suivante :

1. Ajoutez un attribut `taquin` de type `Taquin` et un attribut `predecesseur` de type `Couple`. Ajoutez un constructeur pour initialiser ces deux attributs.
2. Complétez la méthode `public ArrayList<Taquin> getListeDeMouvements()` ayant les spécifications suivantes :
 - **hypothèse** : le couple courant (`this`) représente une solution ayant été atteinte depuis la racine de l'arbre d'exploration (on a donc un chaînage du type $\text{null} \leftarrow \text{couple}_{\text{racine}} \leftarrow \text{couple}_1 \leftarrow \dots \leftarrow \text{couple}_k \leftarrow \text{couple}_{\text{courant}}$)
 - **effet** : retourne une `ArrayList<Taquin>` de la forme $[\text{couple}_{\text{racine}}.\text{t}, \text{couple}_1.\text{t}, \dots, \text{couple}_k.\text{t}, \text{couple}_{\text{courant}}.\text{t}]$, qui correspond donc à la description de la solution trouvée
3. Complétez la méthode `public void mettreAJour(ArrayList<Couple> frontiere, ArrayList<Taquin> tab, ArrayList<Taquin> dejaVus)` pour qu'elle respecte la spécification ci-dessous. Avant de lire cette spécification, considérons l'exemple dans lequel
 - `coupleGauche` représente le couple dont le taquin est celui de gauche dans la frontière b) de l'exemple ci-dessus (et son prédécesseur pointe sur la racine)
 - `frontiere` est l'ensemble de `Couple` dont les taquins sont ceux de b)
 - `tab` est l'ensemble des 2 taquins fils du taquin contenu dans `coupleGauche` (* 1 2 3 4 et 1 2 * 3 4)
 - `dejaVus` est l'ensemble des 3 taquins de $a) \cup b$).

Dans cet exemple, `coupleGauche.mettreAJour(frontiere, tab, dejaVus)` doit ajouter le taquin `t = * 1 2 3 4` à `dejaVus` ainsi que le couple `(t, coupleGauche)` à `frontiere`, et ne rien faire pour le taquin `1 2 * 3 4` puisqu'il est déjà dans `dejaVus`.

La spécification est donc la suivante : `mettreAJour(...)` ajoute à `frontiere` (et à `dejaVus`) tous les couples `(t, this)` avec `t` appartenant à `tab`, et tels que `t` n'est pas dans `dejaVus`.

Remarque : Ici nous vous recommandons d'utiliser entre autres la méthode `boolean contains(o)` définie dans `ArrayList` qui renvoie vrai si `o` appartient à l'objet `ArrayList`. Expliquez pourquoi ce test d'appartenance fonctionnera correctement si on l'invoque sur un objet `ArrayList<Taquin>`.

4. Testez en écrivant un test unitaire qui crée 3 taquins `t1`, `t2`, `t3`, puis un `Couple` contenant le chaînage $\text{null} \leftarrow \text{t1} \leftarrow \text{t2} \leftarrow \text{t3}$ (`t1` joue donc le rôle de la racine), et qui vérifie que `getListeDeMouvements()` appelé sur ce couple retourne le bon résultat.

Astuce : On rappelle que pour créer une classe de tests unitaires, placez-vous dans la classe que vous souhaitez tester (dans notre cas c'est `Couple`) et :

- appuyez sur `Alt+Insert` (ou bien faites un clic droit sur le nom de la classe \rightarrow *Generate*)
- Choisissez *Test...*
- dans l'onglet *Testing library* vous choisirez l'option *JUnit 5*
- donnez un nom approprié à votre classe de tests unitaires (par ex. `CoupleTest`) et cliquez sur *Ok*.

Astuce : Pour créer ce `Couple`, on dispose seulement du constructeur `Couple(Taquin taquin, Couple predecesseur)`, qu'il faudra utiliser plusieurs fois. Commencez par créer le couple `c = Couple(t1, null)`, puis servez-vous de `c` pour construire les autres couples.

Exercice 3

La classe `Contexte` va encapsuler l'algorithme général de résolution du jeu. Complétez cette classe comme suit :

1. Ajoutez un attribut `Taquin taquin` (qui servira à stocker le `Taquin` initial donné à l'objet `Contexte`), et un attribut `solution` de type `ArrayList<Taquin>`. L'attribut `solution` servira à stocker la *trace* des mouvements valides que l'algorithme a effectués depuis la position donnée par l'utilisateur, afin d'obtenir une position gagnante.
2. Ajoutez un constructeur `Contexte (Taquin taquin)`.
3. Complétez la méthode `public void resoudre()` afin qu'elle affecte à l'attribut `solution` une `ArrayList<Taquin>` vide si `taquin` n'est pas faisable, ou la liste des positions successives qui mènent à un état gagnant sinon.
4. Dans votre méthode `resoudre()`, il y a plusieurs façons de gérer votre frontière :
 - comme une *pile* : le `taquin` extrait à chaque nouvelle étape est le dernier `taquin` à avoir été ajouté. Dans ce cas l'exploration de l'arbre se fera en profondeur (c'est-à-dire que l'on termine complètement une branche avant de passer à la suivante).
 - comme une *file* : le `taquin` extrait à chaque nouvelle étape est le premier à avoir été ajouté. Dans ce cas l'exploration de l'arbre se fera en largeur (tous les `taquins` à distance 1 de la racine, puis tous les `taquins` à distance 2, etc.).Regardez dans votre code de la question précédente si votre frontière est gérée en *pile* ou en *file*, et réfléchissez à la politique de gestion (*pile* vs *file*) que vous préférez.
5. Redéfinissez la méthode `toString()` afin d'afficher la solution.
6. Testez d'abord avec des `taquins` que l'on peut résoudre. Pour cela, créez un `taquin` à distance 1 de la position gagnante (c'est-à-dire nécessitant un mouvement pour le résoudre), puis à distance 2, puis à distance $k > 2$. Ensuite, testez avec un `taquin` quelconque. Si votre algorithme s'exécute pendant plusieurs minutes, comment essayer de savoir s'il est dans une boucle infinie ou si "quelque chose" progresse ? Quelle(s) donnée(s) pourriez vous afficher (même si cela ralentit énormément l'algorithme) pour répondre à cette question ?

Exercice 4

Maintenant nous allons généraliser cette stratégie à la résolution d'autres jeux de type "puzzle". Afin de garder un historique du programme écrit précédemment, nous allons travailler dans un package différent.

1. Créez un nouveau package `fr.umontpellier.iut.exo4` et copiez/collez les 3 classes écrites précédemment. Pour faire cela correctement, la manière la plus simple est de sélectionner **en même temps** les 3 classes dans l'IDE → *Copier* → *Coller* dans le package. Quelque soit la manière dont vous allez procéder, l'IDE vous signalera des duplications de code (logique, car c'est ce que vous avez fait), mais *dans ce cas* (et pour *ce genre de duplications demandées*) vous allez ignorer ces avertissements car c'est un moyen simple de garder une copie de ce que vous avez fait dans les exercices précédents.
2. Observez que les fonctions "essentiels" de la classe `Taquin` sont suffisamment générales pour être appliquées sur d'autres jeux de même nature. Ajoutez donc au package `fr.umontpellier.iut.exo4` une interface `JeuPuzzle` avec les méthodes en question.
3. Faites en sorte que `Taquin` soit une implémentation de l'interface `JeuPuzzle` et modifiez votre programme pour que cela ait du sens et fonctionne.

Nous allons maintenant utiliser cette interface pour implémenter un autre jeu : les tours de Hanoï. Dans ce jeu on considère 3 poteaux (dénommés "1" (à gauche), "2" (au milieu), et "3" (à droite)), ainsi que N disques de diamètres deux à deux distincts. Les disques sont troués en leur centre, de telle sorte que l'on puisse les enfiler sur les poteaux. Dans la situation initiale, les N disques sont sur le poteau gauche, et rangés "en pyramide" : c'est-à-dire de telle sorte que les

plus petits disques sont au-dessus. Le but du jeu est de déplacer cette pyramide sur le poteau de droite, en sachant qu'un coup légal consiste à * choisir un poteau de départ, et prendre le disque du dessus * choisir un poteau d'arrivée, et déposer le disque au sommet * s'assurer que sur chaque poteau les disques restent rangés en pyramide (autrement dit, un disque ne peut être placé que sur un disque de plus grand diamètre).

Par exemple, pour $N = 3$ la succession de coups $1 \rightarrow 2$ (signifiant prendre le disque au sommet du poteau 1 et le placer au sommet du poteau 2) $1 \rightarrow 3, 2 \rightarrow 3$ est légale, alors que la succession de coups $1 \rightarrow 2, 1 \rightarrow 2$ ne l'est pas.

4. Écrivez une classe `Hanoi` qui modélise ce jeu et qui implémente l'interface `JeuPuzzle`. Pour modéliser l'état du jeu, on suggère d'utiliser trois `ArrayList<Integer>` contenant chacune les numéros des disques présents sur le poteau correspondant. Vous pouvez également ajouter un attribut `private int taille` pour indiquer le nombre initial de disques. Une configuration du jeu correspondrait aux 3 poteaux contenant en tout les N disques. Chaque mouvement de disque autorisé d'un poteau vers un autre est une nouvelle configuration (nouveau fils donc).
5. Modifiez la classe principale pour maintenant tester la résolution de Hanoï (commencez par 3 disques sur le poteau gauche). On constate (avec joie!) qu'il n'y a pas à modifier l'algorithme de résolution puisqu'il fonctionne de façon "transparente" pour tout `JeuPuzzle`.
6. Dessinez le diagramme de classes de cet exercice.

Remarque : Cette façon de programmer, en proposant une interface d'algorithme générale qui sera ensuite implémentée différemment, et dont les implémentations pourront être interchangées "à la volée" par l'utilisateur dans la classe cliente (ici `App`), fait référence au modèle de conception communément appelé [Stratégie](#).