

Héritage et modifiabilité

Pratique de la programmation orientée-objet
Michel Schinz – 2014-05-12

1

Erreurs du débutant

Les programmeurs débutants commettent fréquemment deux erreurs lorsqu'ils programment dans un langage orienté-objet comme Java :

- ils utilisent l'héritage de manière excessive,
- ils définissent ou utilisent trop souvent des données modifiables.

Le but de cette leçon est d'examiner les problèmes liés à l'héritage et aux données modifiables et de définir des règles simples liées à leur utilisation.

2

Héritage

3

Ensemble comptant

On désire ajouter à un ensemble `HashSet` la possibilité de compter le nombre total d'éléments ajoutés.

Comment faire ?

Une première idée serait de définir une sous-classe de `HashSet` redéfinissant les méthodes `add` et `addAll` pour compter les éléments ajoutés.

Examinons cette solution.

4

Ensemble comptant (v1)

```
public final class CountingHashSet<E>
    extends HashSet<E> {
    private int addCount = 0;

    @Override
    public boolean add(E e) {
        // ???
    }
    @Override
    public boolean addAll(Collection<E> c) {
        // ???
    }
    public int addCount() { return addCount; }
}
```

5

Ensemble comptant (v1)

Une fois la classe terminée, on écrit un test unitaire :

```
@Test
public void testCount() {
    CountingHashSet<Integer> s =
        new CountingHashSet<>();
    s.addAll(Arrays.asList(1, 2, 3, 4, 5));
    for (int i = 6; i <= 10; ++i)
        s.add(i);
    assertEquals(10, s.addCount());
}
```

Question : pensez-vous que ce test réussit ou échoue ?

6

Ensemble comptant (v1)

Avec la version actuelle de la classe `HashSet` de Oracle, ce test échoue car `addAll` utilise `add` en interne...

Mais attention :

- rien ne garantit que ce soit le cas avec d'autres mises en œuvre de `HashSet`, et
- rien ne garantit que ce sera toujours le cas à l'avenir.

Le fait que `addAll` utilise `add` est un détail de mise en œuvre interne à la classe qui ne devrait pas être visible de l'extérieur ! Ceci illustre le problème principal de l'héritage, à savoir qu'il casse l'encapsulation.

Question : voyez-vous une meilleure solution ici ?

7

Ensemble comptant (v2)

Une meilleure solution consiste à appliquer le patron *Decorator* en définissant un décorateur d'ensemble qui compte les ajouts.

8

Ensemble comptant (v2)

```
public final class CountingSetDecorator<E>
    implements Set<E> {
    private final Set<E> s;
    private int addCount = 0;
    public CountingSetDecorator(Set<E> s) {
        this.s = s; }
    @Override
    public int size() { return s.size(); }
    @Override
    public boolean add(E e) {
        addCount += 1;
        return s.add(e);
    }
    ...
}
```

9

Ensemble comptant (v2)

La nouvelle mise en œuvre des ensembles comptants passe le test avec succès :

```
@Test
public void testCount() {
    CountingSetDecorator<Integer> s =
        new CountingSetDecorator<>(
            new HashSet<>());
    s.addAll(Arrays.asList(1, 2, 3, 4, 5));
    for (int i = 6; i <= 10; ++i)
        s.add(i);
    assertEquals(10, s.addCount());
}
```

Autre avantage : ce décorateur s'applique à n'importe quel type d'ensemble, pas seulement `HashSet` !

10

Séparation des soucis

Le décorateur de l'ensemble comptant fait deux choses à la fois :

1. il compte le nombre d'éléments ajoutés à l'ensemble,
2. il transmet la plupart des messages à l'ensemble décoré.

Il est toujours bien de séparer autant que possible les « soucis » (*separation of concerns* en anglais).

Question : comment peut-on séparer ces deux aspects ici ?

11

Ensemble comptant (v3)

Solution : en séparant la mise en œuvre en deux classes :

1. `ForwardingSet`, un décorateur d'ensemble par défaut, qui ne fait rien d'autre que transmettre les messages à l'ensemble décoré.
2. `CountingSetDecorator`, qui hérite de `ForwardingSet` et redéfinit uniquement les méthodes `add` et `addAll` afin de compter les éléments ajoutés.

12

ForwardingSet

```
public abstract class ForwardingSet<E>
    implements Set<E> {
    private Set<E> s;
    public ForwardingSet(Set<E> s) {
        this.s = s;
    }

    @Override
    public int size() { return s.size(); }
    @Override
    public boolean isEmpty() {
        return s.isEmpty();
    }
    ...
}
```

13

Ensemble comptant (v3)

```
public final class CountingSetDecorator<E>
    extends ForwardingSet<E> {
    private int addCount = 0;
    public CountingSetDecorator(Set<E> s) {
        super(s);
    }
    @Override
    public boolean add(E e) {
        addCount += 1;
        return super.add(e);
    }
    // ... addAll similaire
    public int addCount() { return addCount; }
}
```

14

Comparaison des solutions

Comment se fait-il qu'hériter de **ForwardingSet** soit une bonne idée, alors qu'hériter de **HashSet** en est une mauvaise ?

La différence cruciale est que **ForwardingSet** a été conçue pour servir de classe mère, ce qui n'est pas le cas de **HashSet**, conçue pour être utilisée comme « productrice d'objets » !

Cela se voit entre autres dans la documentation de **HashSet**, qui ne mentionne p.ex. pas le fait que **addAll** utilise **add** en interne.

15

Rôle des classes

De manière générale, une classe ne peut jouer correctement qu'un seul des deux rôles suivants :

- celui de créateur d'objets (classe « instanciable »),
- celui de super-classe (classe « héritable »).

Malheureusement, les langages actuels ne permettent pas de faire clairement la différence entre ces deux rôles.

De plus, par défaut toute classe peut jouer les deux rôles et c'est au programmeur d'interdire explicitement l'un ou l'autre usage, ce qu'il ne fait généralement pas.

16

Classe instantiable

Une **classe instantiable** est une classe dont le (seul) rôle est de permettre la création d'objets.
Pour empêcher son utilisation dans le rôle de super-classe, il est conseillé d'empêcher la définition de sous-classes en la déclarant finale.

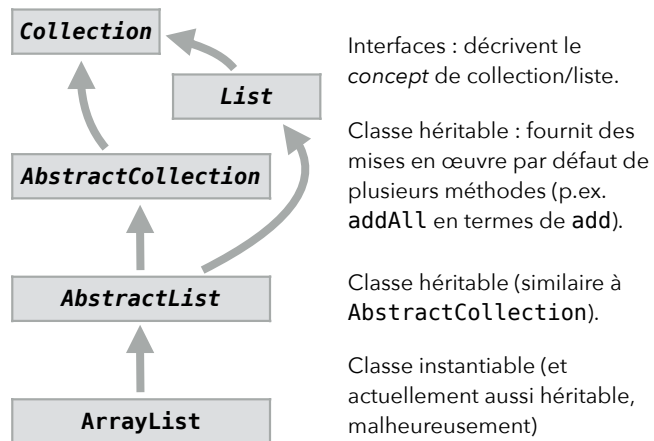
17

Classe héritable

Une **classe héritable** est une classe dont le (seul) rôle est de servir de super-classe.
Pour empêcher son utilisation en tant que productrice d'objets, il est conseillé de la déclarer abstraite, même si elle ne l'est pas réellement, c-à-d même si elle ne possède pas de méthode abstraite. C'est p.ex. ce qui a été fait avec `ForwardingSet`.

18

Exemple : collections Java



19

Conseil : héritage

Conseil : lorsque vous écrivez une classe, décidez s'il s'agit d'une classe héritable ou instantiable. Rendez-la abstraite dans le premier cas, finale dans le second.

20

Modifiabilité

21

Classe des dates

On désire concevoir une classe représentant les dates dans le calendrier grégorien. On la commence ainsi :

```
public final class GregorianCalendar {
    private int year, month, day;

    public GregorianCalendar(int year,
                             int month,
                             int day) {
        this.year = year;
        this.month = month;
        this.day = day;
    }
    ...
}
```

22

Egalité des dates

Pour définir l'égalité entre deux dates, deux possibilités s'offrent à nous :

- ne pas redéfinir `equals`, auquel cas l'identité des objets est utilisée, ou
- redéfinir `equals` pour faire une **comparaison structurelle**, c-à-d utilisant le contenu des champs jour, mois et année et ignorant l'identité des objets.

Quelle solution est la meilleure ?

23

Egalité des dates

Evidemment, l'égalité sur les dates doit être structurelle ! Il faut donc redéfinir `equals` :

```
public final class GregorianCalendar {
    ...
    @Override
    public boolean equals(Object that) {
        return that instanceof GregorianCalendar
            && year == ((GregorianCalendar)that).year
            && month == ((GregorianCalendar)that).month
            && day == ((GregorianCalendar)that).day;
    }
}
```

24

Hachage des dates

Rappel : `equals` et `hashCode` doivent toujours être compatibles, c-à-d que si deux objets sont égaux au sens de `equals`, leur valeur de hachage doit être la même (mais l'inverse n'est pas forcément vrai !).

Cela nous force à redéfinir également `hashCode`, p.ex. de la manière suivante :

```
public final class GregorianCalendar {
    ...
    @Override
    public int hashCode() {
        return ((year << 4) | month) << 5 | day;
    }
}
```

25

Ordre des dates

Les dates sont naturellement ordonnées, il est donc logique que notre classe implémente l'interface `Comparable` :

```
public final class GregorianCalendar
    implements Comparable<GregorianCalendar> {
    ...
    @Override
    public int compareTo(GregorianCalendar o) {
        // ???
    }
}
```

26

Accesseurs

Pour donner accès aux champs, on ajoute ensuite des accesseurs (`getters`) :

```
public final class GregorianCalendar {
    ...
    public int year() { return year; }
    public int month() { return month; }
    public int day() { return day; }
}
```

27

Méthodes de modification ?

Question : faut-il ajouter des méthodes de modification (`setters`) pour changer les attributs ?

```
public final class GregorianCalendar {
    ...
    public void setYear(int year) {
        this.year = year;
    }
    public void setMonth(int month) {
        this.month = month;
    }
    public void setDay(int day) {
        this.day = day;
    }
}
```

28

Dates modifiables ?

Rendre les dates modifiables implique que leur valeur de hachage (retournée par `hashCode`) dépend de l'état. Cela induit des comportements très contre-intuitifs – même s'ils sont logiques – des collections lorsqu'on modifie des dates après stockage.

Exemple :

```
Set<GregorianCalendar> set = new HashSet<>();
GregorianCalendar date =
    new GregorianCalendar(1912, 6, 23);
set.add(date);
date.setYear(2013);
set.contains(date); // false !!!
```

29

Dates modifiables ?

Bien entendu, la situation n'est pas meilleure avec les collections utilisant l'ordre plutôt que le hachage :

```
Set<GregorianCalendar> set = new TreeSet<>();
GregorianCalendar date =
    new GregorianCalendar(1912, 6, 23);
set.add(date);
for (int y = 1800; y <= 2000; ++y)
    set.add(new GregorianCalendar(y, 6, 23));
date.setYear(2013);
set.contains(date); // false !!!
```

(Notez au passage que l'invariant de l'arbre binaire de recherche utilisé par `TreeSet` est violé par notre faute !)

30

Dates modifiables ?

Finalement, rendre les dates modifiables forcerait les clients de notre classe à faire des copies défensives des dates reçues. Exemple :

```
public final class Person {
    ...
    private final GregorianCalendar birthdate;
    public Person(..., GregorianCalendar bdate) {
        ...
        this.birthdate = new GregorianCalendar(
            bdate.year(),
            bdate.month(),
            bdate.day());
    }
    ...
}
```

31

Copie défensive

Ces copies défensives forcées ont plusieurs inconvénients majeurs :

- Elles compliquent le travail de tous les utilisateurs de la classe, qui peuvent être très nombreux (pensez aux classes de l'API Java, utilisées par des milliers de programmeurs dans le monde).
- Il est facile de les oublier, ce qui produit des bugs dont l'origine est souvent très difficile à identifier.
- Elles impliquent généralement l'ajout de constructeurs de copie et/ou la mise en œuvre de la méthode `clone` dans la classe modifiable, ce qui la complique.

32

Dates modifiables ?

Conclusion : les instances de la classe `GregorianCalendar` ne doivent pas être modifiables.

```
public final class GregorianCalendar {  
    private final int year, month, day;  
  
    public void setYear(int year) {  
        this.year = year;  
    }  
    public void setMonth(int month) {  
        this.month = month;  
    }  
    public void setDay(int day) {  
        this.day = day;  
    }  
}
```

33

Classes modifiables ?

Le même genre de raisonnement s'applique à toutes les classes pour lesquelles l'égalité est naturellement structurelle, p.ex. :

- toutes les classes modélisant des entités mathématiques comme les nombres complexes, les vecteurs, les matrices, les points, les lignes, les polynômes, etc.
- une classe modélisant une couleur,
- une classe modélisant une chaîne de caractères (`String`),
- etc.

Toutes ces classes doivent donc être non modifiables (immuables) !

34

Cohérence avec l'égalité

Quel que soit le choix effectué quant à la modifiabilité des instances d'une classe, il importe d'être cohérent :

Les instances d'une classe non modifiable doivent être comparées structurellement, celles d'une classe modifiable doivent l'être par identité.

Malheureusement, beaucoup de classes ne respectent pas cette règle, p.ex. celles des collections de l'API Java, qui sont modifiables mais comparées de manière structurelle ! D'autres classes de cette API souffrent du même problème, p.ex. les classes géométriques du paquetage `java.awt.geom` : `AffineTransform`, `Point`, etc.

35

Autres problèmes

En plus de ceux déjà mentionnés, les classes modifiables souffrent d'autres problèmes :

- elles interagissent très mal avec la concurrence à mémoire partagée (*shared memory concurrency*), qui est le modèle utilisé par Java,
- il est difficile de raisonner à leur sujet en raison du (souvent grand) nombre d'états dans lequel elles peuvent se trouver,
- elles rendent difficile l'écriture de classes non modifiables les utilisant – alors que l'écriture de classes modifiables à partir de non modifiables est triviale !

36

Conseil : modifiabilité

Conseil : par défaut, définissez des classes non modifiables.

Pour ce faire, procédez ainsi :

- Attachez l'attribut **final** à tous les champs.
- Ne fournissez aucune méthode de modification (*setter*).
- Assurez-vous que les éventuelles valeurs modifiables contenues dans les champs ne sont pas accessibles à l'extérieur.

Le patron *Builder* permet de faciliter la construction progressive d'instances de classes non modifiables.

37

Construction

Lors de la définition d'une classe immuable, prenez garde à ne jamais stocker dans un champ (immuable) une valeur modifiable fournie en argument au constructeur sans la copier en profondeur.

En effet, rien ne garantit qu'une telle valeur n'est pas accessible (et donc modifiable ultérieurement) par d'autres.

38

Construction

Par exemple, un constructeur d'une classe de matrices (évidemment non modifiable !) qui accepte un tableau en argument doit le copier en profondeur :

```
public final class Matrix {
    private final double[][] m;

    public Matrix(double[][] m) {
        double[][] m2 = new double[m.length][m.length];
        for (int i = 0; i < m.length; ++i)
            m2[i] = m[i].clone();
        this.m = m2;
    }
}
```

39

Modifiabilité des collections

40

Collections modifiables ?

Question : les classes des collections doivent-elles être modifiables ou pas ?

La réponse est moins claire dans ce cas que dans d'autres et dépend généralement de l'utilisation que l'on fait de la collection.

Les bibliothèques standard de différents langages ne s'accordent pas sur ce point, certaines offrant uniquement des collections modifiables (p.ex. Java), d'autres uniquement des collections non modifiables (p.ex. Haskell) et d'autres les deux (p.ex. Scala).

41

Collections non modifiables

Toutes les collections que nous avons examinées étaient modifiables, c-à-d que les opérations d'ajout, de suppression et de modification d'éléments changent la collection à laquelle elles sont appliquées.

Il est également possible de définir des collections non modifiables, dont les opérations sus-mentionnées produisent une nouvelle collection.

42

Listes non modifiables

Rendre une collection non modifiable implique de changer la signature des méthodes qui modifient son contenu.

Généralement, le type de retour de ces méthodes change de `void` au type de la collection.

Exemple pour une variante non modifiables des listes :

```
interface ImmutableList<E> {  
    boolean isEmpty();  
    int size();  
    ImmutableList<E> add(E newElem);  
    ImmutableList<E> remove(int index);  
    E get(int index);  
    ImmutableList<E> set(int index, E elem);  
    Iterator<E> iterator();  
}
```

43

Partage

Il peut sembler très coûteux de produire à chaque fois une nouvelle version de la collection complète.

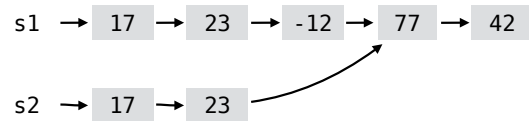
Toutefois, cela n'est pas toujours nécessaire : étant donné que les nœuds (ou entrées) des collections non modifiables sont également non modifiables, il est souvent possible de les partager entre les versions successives de la collection.

Cela est très simple pour les listes (simplement chaînées) et les arbres binaires de recherche, pas du tout pour les tables de hachage...

44

Partage dans une liste

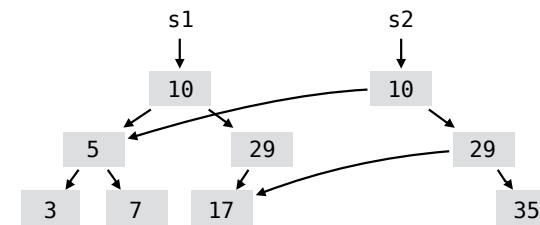
```
ImmutableList<Integer> s1 = ...;  
ImmutableList<Integer> s2 = s1.remove(2);
```



45

Partage dans un a.b.r.

```
ImmutableSet<Integer> s1 = ...;  
ImmutableSet<Integer> s2 = s1.add(35);
```



46

Intérêt de l'immutabilité

Les collections non modifiables sont très intéressantes dans plusieurs contextes :

- Lorsqu'on désire toujours avoir accès aux anciennes versions d'une collection, p.ex. pour mettre en œuvre l'annulation d'action (*undo*) dans un programme interactif. Les techniques de mise en œuvre des collections non modifiables sont d'ailleurs à la base de systèmes de gestion de version comme git et Subversion.
- Lorsqu'on fait de la programmation concurrente, car les collections non modifiables ne posent par définition aucun problème de synchronisation.

47

Collections Java immuables

L'API Java n'offre pas de type séparé pour les collections non modifiables.

Toutefois, toutes les opérations de modification des collections sont désignées comme optionnelle, et peuvent donc simplement lever `UnsupportedOperationException`...

Des méthodes statiques de la classe `Collections` permettent de rendre une collection non modifiable :

```
<T> List<T> unmodifiableList(List<T> l)
```

...

Mais attention : ces méthodes ne peuvent pas garantir que la collection sous-jacente (ici `l`) ne va pas changer !

48

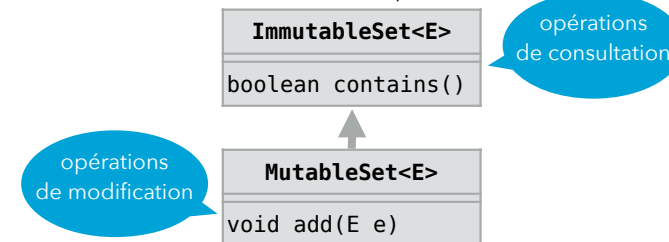
Collections Java immuables

La notion de collection immutable offerte par Java n'est pas tout à fait la même que celle présentée auparavant. En Java, les opérations de modification sont interdites. Avec de « vraies » collections non modifiables, ces opérations sont autorisées mais produisent une nouvelle collection.

49

Danger du sous-typage

Certaines API de collections (comme celle de Mac OS X) définissent une relation de sous-typage entre les collections non modifiable et les modifiables, p.ex. :



L'idée peut paraître séduisante de prime abord, mais se révèle très dangereuse en pratique... Pourquoi ?

50

Résumé

Conseils concernant l'héritage :

- lorsque vous écrivez une classe, décidez s'il s'agit d'une classe héritable ou instantiable. Rendez-la abstraite dans le premier cas, finale dans le second,
- n'héritez que de classes qui sont clairement conçues comme héritables, et appliquez le patron *Decorator* dans les autres cas.

Conseil concernant la modifiabilité :

- définissez si possible des classes non modifiables,
- utilisez une notion d'égalité (et d'ordre) cohérente avec la modifiabilité,
- utilisez le patron *Builder* pour permettre la construction progressive d'instances, si nécessaire.

51