Programmation Objet. Cours 7

Marie-Pierre Béal et Carine Pivoteau
BUT 1

Tableaux. Collections. Dictionnaires.

Tableaux

Les tableaux sont des “quasi” objets. L'accès se fait par référence et la création par `new`.

Un tableau se *déclare*, se *construit*, et s'*utilise* un peu comme un objet... mais ne possède pas de méthodes.

```
int[] tab; // déclaration

int n = 10;
tab = new int[n] ; // construction

//utilisation
for (i = 0; i < tab.length; i++){
  tab[i] = i;
}
for (int x : tab){
  System.out.println(x);
}
```

Exemple de tableaux de dimension 2

```java
int n = 3;
int p = 5;
double[][] matrix = new double[n][p]; // n lignes, p colonnes

matrix[1][3] = 7; // ligne 1, colonne 3

for (int i = 0; i < matrix.length; i++) {
  for (int j = 0; j < matrix[0].length; j++) {
    System.out.print(matrix[i][j] + " ");
  }
  System.out.print("\n");
}
```

```
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 7.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
```

Tableaux - suite

On peut fusionner déclaration et construction et faire une initialisation énumérative :

```
String[] jours = {"Lundi", "Mardi", "Mercredi",
                  "Jeudi", "Vendredi", "Samedi", "Dimanche"};
```

La taille d'un tableau est accessible grâce au champs public `length` (c'est totalement contraire au principe d'encapsulation...).

```
System.out.println(jours.length); // 7
```

Attention, comme en Python, les indices des cases vont de 0 à la taille du tableau **exclue**. Chacune des instructions suivantes provoque une exception (de la classe `ArrayIndexOutOfBoundsException`) :

```
tab[tab.length] = 100; // case inexistante
tab[-1] = 100; // correction : tab[tab.length-1]
```

Autres structures de données : vue d'ensemble

★ Deux packages :

- `java.util` : collections, maps, itérateurs, ... mais aussi `Random`, `Objects`, `Scanner`, ...
- `java.util.concurrent` : pas cette année.

★ Deux interfaces principales :

- `Collection<E>` pour les "paquets" d'objets de type `E`, avec ou sans répétitions, ordonnés ou non (listes et ensembles).
- `Map<K,V>` pour les dictionnaires (ou tables d'association), c'est-à-dire des ensembles de couples (clé, valeur), où la clé et la valeur sont de types paramétrés respectifs `K` et `V`.

★ De nombreuses classes qui les implémentent, comme `ArrayList`, par exemple.

`https://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/index.html`

Autres structures de données : vue d'ensemble

★ Deux packages :

- `java.util` : collections, maps, itérateurs, ... mais aussi `Random`, `Objects`, `Scanner`, ...
- `java.util.concurrent` : pas cette année.

★ Deux interfaces principales :

- `Collection<E>` pour les "paquets" d'objets de type `E`, avec ou sans répétitions, ordonnés ou non (listes et ensembles).
- `Map<K,V>` pour les dictionnaires (ou tables d'association), c'est-à-dire des ensembles de couples (clé, valeur), où la clé et la valeur sont de types paramétrés respectifs `K` et `V`.

★ De nombreuses classes qui les implémentent, comme `ArrayList`, par exemple.

`https://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/index.html`

Utilitaires

En plus des classes implémentant les interfaces `Collection` et `Map`, on a trois classes d'utilitaires (contenant des **méthodes statiques** qui prennent des collections en paramètre) :

- `Collections` : avec des algorithmes généraux tels que :
  - copie (mutable ou non) d'une collection,
  - recherche dichotomique dans une collection triée,
  - tri (pour les collections non triées d'objets comparables),
  - calcul de min, max, fréquence ...
- `Arrays` : algorithmes spécialisés pour les tableaux.
- `Objects` : algorithmes spécialisés pour les objets.

▷ La plupart de ces algorithmes sont *polymorphes* : ils s'appliquent aux interfaces et pas directement aux classes qui les implémentent.

▷ Les méthodes fournies implémentent en général les meilleurs algorithmes existants (les plus efficaces).

Principales méthodes des collections

`Collection<E>` est une interface **générique**, c'est à dire qu'une collection peut contenir des objets de n'importe quelle classe.

Le type des éléments est un *type paramétré* `E`. On doit le remplacer par une classe lorsque l'on utilise une collection.

Les opérations principales sur une collection sont :

- `boolean add(E e)` : pour ajouter un élément.
- `boolean remove(Object o)` : pour enlever un élément,
- `boolean contains(Object o)` : test d'appartenance,
- `int size()` : pour obtenir le nombre d'éléments,
- `boolean isEmpty()` : pour tester si l'ensemble est vide.

Attention, si la collection n'est pas mutable, `add` et `remove` peuvent ne pas être implémentées (`UnsupportedOperationException`).

Contrat Objet

Tous les algorithmes sur les structures données présupposent que les objets stockés dans une collection respectent un certain contrat ; il sont sensés implémenter correctement les méthodes suivantes :

`equals`, `hashCode`, `toString`, (éventuellement) `compareTo`.

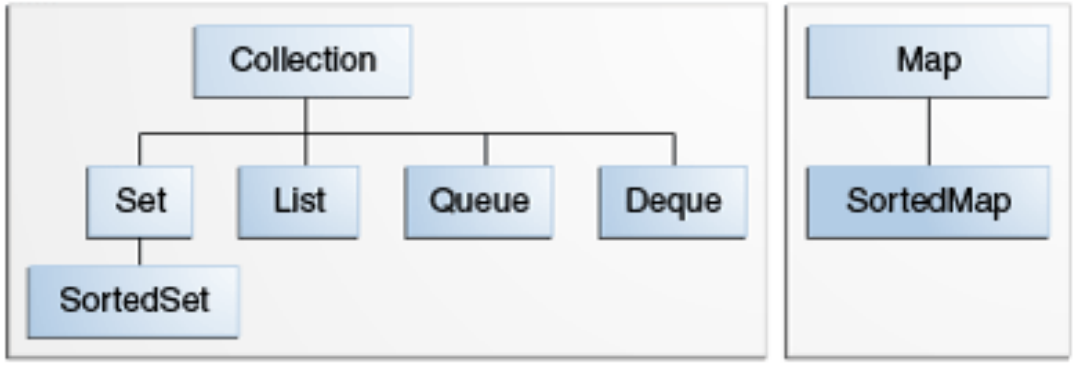
Autrement, le fonctionnement de ces algorithmes n'est pas garanti :

```
public class StupidInt {
  private final int value;

  public StupidInt(int value) {
    this.value = value;
  }
}
```

```
StupidInt[] array = {new StupidInt(1), new StupidInt(2)};
Arrays.sort(array); // ClassCastException: cannot be cast to java.lang.Comparable
HashSet<StupidInt> set = new HashSet<>();
set.add(new StupidInt(1));
set.contains(new StupidInt(1)); // renvoie false
```

Interface `List`



- `List<E>` spécifie une *séquence*, c'est à dire une collection ordonnée (mais pas triée) avec possibilité de répétitions.

  En plus de celles permettant d'implémenter `Collection<E>`, elle déclare notamment les méthodes suivantes :

  - `int indexOf(Object o)` : retourne la position de `o` .
  - `E get(int index)` : retourne l'objet à la position `index`.
  - `E set(int index, E element)` : remplace l'élément en position `index`, et retourne l'élément qui y était précédemment.
  - `List<E> subList(int fromIndex, int toIndex)` : renvoie une *vue* des éléments de la liste compris entre les deux indices.

Implémentation d'une `List`

Deux implémentations principales :

- `ArrayList<E>` (recommandée), qui utilise un tableau dont on augmente la capacité maximale si nécessaire.
- `LinkedList<E>` qui est une liste doublement chaînée (les données ne sont pas stockées de façon consécutive en mémoire).
- les autres sont soit obsolètes, soit des cas particuliers.

Le choix de l'implémentation dépend de l'efficacité recherchée : par exemple, pour une liste de taille n :

	`ArrayList`	`LinkedList`
accès indicé	$O(1)$	$O(n)$
insertion à une position donnée	$O(n)$	$O(1)$ ou $O(n)$
insertion en tête / fin	$O(n)$ / $O(1)$	$O(1)$ / $O(1)$
suppression d'un élément donné	$O(n)$	$O(n)$
suppression à une position donnée	$O(n)$	$O(1)$ ou $O(n)$
...	...	...

Les files et les piles : interfaces Queue et Deque

Comme les listes, ce sont des collections ordonnées avec possibilité de répétitions, mais elles ne fournissent pas d'accès indicé.

- L'interface `Queue<E>` permet notamment de spécifier **une file d'attente (FIFO : first-in-first-out)** :
  - `boolean add(E e)` : insertion en fin.
  - `E remove()` : suppression en tête.
  - `E element()` : renvoie la tête de la file sans la supprimer.

  ▷ Parmi les implémentations : `ArrayDeque`, `LinkedList`, `PriorityQueue` (attention, la notion d'ordre est différente).

- L'interface `Deque<E>` permet notamment de spécifier une **pile (LIFO : last-in-first-out)** :
  - `addLast`, `removeFirst` et `getFirst` : comportement d'une file.
  - `addFirst`, `removeFirst` et `getFirst` : comportement d'une pile.

  ▷ Parmi les implémentations : `ArrayDeque`, `LinkedList`.

Interface `Set`

Pour les ensembles, on a deux interfaces différentes :

- `Set<E>` spécifie les ensembles non ordonnés sans répétions. Lorsque que l'on essaie d'ajouter un élément déjà présent avec `add`, l'ensemble n'est pas modifié et la méthode renvoie `false`.

  ▷ Implémentation recommandée : `HashSet` pour avoir les opérations de base en $\mathcal{O}(1)$ en moyenne.

- `SortedSet<E>` sous-interface de `Set` pour les ensembles triés. La classe `E` **doit implémenter** `Comparable<E>`. Un `SortedSet` possède, en plus des méthodes de `Set`, des méthodes spécifiques :
  - `E first()` retourne le premier objet.
  - `E last()` retourne le dernier objet.

  ▷ Implémentation recommandée : `TreeSet` pour avoir les opérations de base en $\mathcal{O}(\log n)$ en moyenne.

Exemple

Programme qui détecte les répétitions dans les chaînes de caractères entrées sur la ligne de commande.

```
import java.util.HashSet;
public class SetTest {
  public static void main(String[] args) {
    HashSet<String> s = new HashSet<>();

    for (String w : args){
      if (!s.add(w)){
        System.out.println("Deja vu : " + w);
      }
    }
    System.out.println(s.size() + " distincts : " + s);
  }
}
```

```
$ java SetTest a b c a b d
Deja vu : a
Deja vu : b
4 distincts : [d, a, c, b]
```

Opérations ensemblistes sur les collections

Ces méthodes sont des méthodes de l'interface `Collection<E>`.

- Tester l'inclusion : `boolean containsAll(Collection<?> c)`
- Union : `boolean addAll(Collection<? extends E> c)`
- Différence : `boolean removeAll(Collection<?> c)`
- Intersection : `boolean retainAll(Collection<?> c)`

Les trois dernières méthodes renvoient `true` si elles ont bel et bien modifié la collection.

Ces méthodes peuvent être écrites en utilisant uniquement des méthodes fournies par l'interface `Collection`, mais les méthodes spécifiques fournies par les classes qui l'implémentent sont souvent plus efficaces.

Les méthodes de la classe `Collections` : exemples

```
public static void main(String[] args) {
  ArrayList<Bird> birds = new ArrayList<>();
  Collections.addAll(birds, new Bird("moineau", 10), new Bird("moineau", 10), new Bird("colibri", 5),
      new Bird("albatros", 90), new Bird("galinette", 25)); // ajouts multiples
  Bird pie = new Bird("pie", 20);
  birds.addAll(Collections.nCopies(3, pie)); // répétitions
  System.out.println(birds);

  Collections.shuffle(birds); // mélange
  System.out.println(birds);

  System.out.println(Collections.max(birds)); // maximum (selon quel ordre ?)
  System.out.println(Collections.frequency(birds, pie)); // fréquence

  Collections.sort(birds); // tri
  System.out.println(birds);
  System.out.println(Collections.binarySearch(birds, new Bird("moineau", 10))); //recherche dichotomique

  Collections.reverse(birds); // retournement
  System.out.println(birds);
}
```

```
[moineau (10), moineau (10), colibri (5), albatros (90), galinette (25), pie (20), pie (20), pie (20)]
[galinette (25), colibri (5), moineau (10), albatros (90), moineau (10), pie (20), pie (20), pie (20)]
albatros (90)
3
[colibri (5), moineau (10), moineau (10), pie (20), pie (20), pie (20), galinette (25), albatros (90)]
1
[albatros (90), galinette (25), pie (20), pie (20), pie (20), moineau (10), moineau (10), colibri (5)]
```

Interface Comparable<E>

Un ensemble trié SortedSet<E> utilise l'ordre naturel des ses éléments de la classe E qui est spécifié en implantant l'interface Comparable :

```
public interface Comparable<E> {
    int compareTo(E element);
}
```

Les classes comme String, Integer, Double, ... implémentent toutes l'interface Comparable.

Pour vos propres classes, il suffit d'implémenter la méthode compareTo en respectant les règle suivantes :

- a.compareTo(b) < 0 $\iff$ a < b
- a.compareTo(b) > 0 $\iff$ a > b
- a.compareTo(b) == 0 $\iff$ a = b
- a.compareTo(b) == 0 $\iff$ a.equals(b) == true

Exemple : Bird implements Comparable<Bird>

Comparaison sur l'envergure :

```java
public record Bird(String name, int wingspan) implements Comparable<Bird> {
  @Override
  public int compareTo(Bird bird) {
    return Integer.compare(wingspan, bird.wingspan);
  }
}
```

Plus sophistiqué : on compare d'abord l'envergure et en cas d'égalité, on utilise l'ordre lexicographique sur les noms.

```java
public record Bird(String name, int wingspan) implements Comparable<Bird> {
  @Override
  public int compareTo(Bird bird) {
    int comparison = Integer.compare(wingspan, bird.wingspan);
    if (comparison != 0) {
      return comparison;
    }
    return name.compareTo(bird.name);
  }
}
```

Et pour les tableaux ?

La classe `Arrays` (package `java.util`) fournit des méthodes utilitaires (helpers) pour effectuer des opérations "haut niveau" sur les tableaux.

Attention, toutes ces méthodes sont **statiques** !

```
int[] numbers = {4,11,24,7,18,91,6,2,55};
System.out.println(Arrays.toString(numbers));
// [4, 11, 24, 7, 18, 91, 6, 2, 55]

Arrays.sort(numbers);
System.out.println(Arrays.toString(numbers));
// [2, 4, 6, 7, 11, 18, 24, 55, 91]

int[] smallNumbers = Arrays.copyOf(numbers, 4);
System.out.println(Arrays.toString(smallNumbers));
// [2, 4, 6, 7]

System.out.println(Arrays.binarySearch(smallNumbers,5)); // -3
```

Les dictionnaires ou tables : l'interface Map

L'interface `Map <K,V>` représente une table d'association : un ensemble de couples (clé de type `K`, valeur de type `V`). **Les clés ne peuvent pas être dupliquées et au plus une valeur est associée à une clé**.

- `V put(K key, V value)`
  Insère l'association `(key, value)` dans la table et retourne la valeur précédemment associée à la clé ou bien `null` .
- `boolean containsKey(Object key)`
  Retourne vrai s'il y a une valeur associée à cette clé.
- `V get(Object key)`
  Retourne la valeur associée à la clé dans la table, ou `null` si c'est la valeur associée ou si `key` n'est pas une clé de la table.
- `V remove(Object key)`
  Supprime l'association de clé `key`. Retourne la valeur associée précédemment. Retourne `null` si `key` n'est pas une clé de la table (ou si `null` est la valeur associée).

L'interface Map - suite

L'intereface Map fournit aussi des méthodes de manipulation plus sophistiquées comme :

- `V putIfAbsent(K key, V value)`
- `V getOrDefault(Object key, V defaultValue)`
- `boolean replace(K key, V oldValue, V newValue)`

et des méthodes d'accès aux données :

- `Set<K> keySet()`
- `Collection<V> values()`
- `Set<Map.Entry<K,V>> entrySet()`

Vous pouvez consulter la javadoc pour plus de détails.

La sous-interface `SortedMap <K,V>` spécifie les tables d'association dont l'ensemble des clés est ordonné.

Implémentation des `Map`

Pour les tables avec **clés non ordonnées** :

- `HashMap<K,V>` (recommandée) est l'implémentation la plus efficace pour les ajouts/suppressions.
- `LinkedHashMap<K,V>` conserve les clés dans l'ordre d'insertion.

Pour les tables avec **clés ordonnées** :

- `TreeMap<K,V>` implémente `SortedMap <K,V>`.

`TreeMap` utilise des arbres rouge-noir qui stockent les clés (ordonnées) de telle sorte que ces opérations ont une complexité $O(\log n)$:

- `boolean containsKey(Object key)`
- `V get(Object key)`
- `V put(K key, V value)`
- `V remove(Object key)`

Les classes `HashSet` et `HashMap` reposent sur l'utilisation de `hashCode`

- C'est pour assurer le bon fonctionnement des **tables de hachage** que l'on doit implémenter `hashCode`.
- Leurs **performances** – insertion, suppression, accès en $O(1)$ (complexité amortie) – reposent sur l'implémentation de `hashCode`.
- La méthode `hashCode` doit **être consistante** (plusieurs appels donnent le même résultat) ;
- La méthode `hashCode` **doit donner la même valeur pour deux objets égaux par** `equals`.

Comment garantir tout cela : pour redéfinir `hashCode`, on utilise la méthode statique `hash(Object... values)` de la classe `Objects` sur tous les champs dont l'égalité est testée par `equals`. S'il n'y a qu'un seul champ, on utilise `hashCode(Object o)` de `Objects` à la place.

Exemple : un ensemble de Shape qui ont un nom

On associe un nom à chaque objet Shape. Le nom est la clé, la forme est la valeur associée .
L'interface Shape, et les classes Rectangle et Ellipse sont celles déjà vues dans les cours précédents.

```
public class ShapeMapTest{
  public static void main(String[] args){
    Shape r1 = new Rectangle(6,10);
    Shape r2 = new Rectangle(5,10);
    Shape e = new Ellipse(3,5);
    TreeMap<String,Shape> tree  =  new TreeMap<>();
    tree.put("R1",r2);
    tree.put("R2",r1);
    tree.put("E",e);
    System.out.println(tree.get("R1").area()); // 60.0
    System.out.println(tree.firstKey()); // "E"
  }
}
```

Bonus : le type enum

Le typ enum est un type de données spécial qui permet d'assigner à une variable une valeur choisie dans un ensemble de constantes prédéfinies.

```
public enum Meal { // un enum se défit comme une classe
  BREAKFAST, LUNCH, TEATIME, DINNER // constantes, donc en majuscules
}
```

```
public class Day {
  public static enum WeekDay { // classe interne
    MONDAY, TUESDAY, WEDNESDAY, THURSDAY, FRIDAY, SATURDAY, SUNDAY
  }

  private final WeekDay weekDay;

  public Day(WeekDay weekDay) {
    this.weekDay = weekDay;
  }
  ...
```

Compléments : https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/javaOO/enum.html

Suite de l'exemple, avec un `switch`

```
  ...

  @Override
  public String toString() {
    String name;
    switch (weekDay) { // particulièrement adapté pour les switch
    case MONDAY -> name = "lundi";
    case TUESDAY -> name = "mardi";
    ...
    case SUNDAY -> {
      name = "di";
      name += "manche";
    }
    default -> throw new AssertionError("you shall not pass");
    }
    return "* " + name + " *";
  }
}
```

Exemple d'enum – dans le main

```
public class Test {
  public static void main(String[] args) {
    System.out.println(Meal.LUNCH);  // LUNCH

    Day day = new Day(Day.WeekDay.FRIDAY);
    System.out.println(day); // * vendredi *
  }
}
```

ou, avec un import statique :

```
import static cours.test.Day.WeekDay;
public class Test {
  public static void main(String[] args) {
    for (WeekDay weekDay : WeekDay.values() ) {
      System.out.println(weekDay.ordinal() + " : " + weekDay);
    }
    // 0 : MONDAY
    // 1 : TUESDAY
    // ...
    // 6 : SUNDAY
  }
}
```