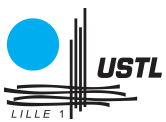
# Collections




Jean-Christophe Routier
Licence mention Informatique
Université des Sciences et Technologies de Lille

# Premier regard sur les collections

- Une collection est un groupe d'objets (ses éléments).
- On trouve des collections de comportements différents (listes, ensembles, etc.)
- D'autres structures permettent de regrouper des objets sans être des collections : les "`Map`".
- On trouve (avec d'autres) ces types dans le paquetage

  **`java.util`**

- Une interface `java.util.Collection<E>` définit le contrat des collections.
- A partir de java 1.5, les collections sont **typées**.
  **E** représente le type des éléments de la collection.

# Méthodes principales de `Collection<E>`

**`boolean add(E e)`** *Ensures that this collection contains the specified element (optional operation).*

**`boolean contains(Object o)`** *Returns true if this collection contains the specified element*, càd $\exists e$ `(o==null? e==null : o.equals(e))`
$\Longrightarrow$ explique la signature de la méthode `equals`

**`boolean isEmpty()`** *Returns true if this collection contains no elements.*

**`Iterator<E> iterator()`** *Returns an iterator over the elements in this collection.*

**`boolean remove(Object o)`** *Removes a single instance of the specified element from this collection, if it is present (optional operation).*

**`int size()`** *Returns the number of elements in this collection.*

# List<E>

- interface **List<E>** = collection ordonnée d'objets
  2 classes :

  **ArrayList<E>** pour accès direct

  **API Doc** *The* `size`, `isEmpty`, `get`, `set`, `iterator`, *and* `listIterator` *operations run in constant time. The add operation runs in amortized constant time, that is, adding n elements requires* $O(n)$ *time. All of the other operations run in linear time (roughly speaking). The constant factor is low compared to that for the* `LinkedList` *implementation.*

  **LinkedList<E>** quand nombreuses insertions et suppressions dans la liste

# Quoi utiliser ?

| Type | Get | Iteration | Insert | Remove |
|---|---|---|---|---|
| array | 1430 | 3850 | na | na |
| ArrayList | 3070 | 12200 | 500 | 46850 |
| LinkedList | 16320 | 9110 | 110 | 60 |
| Vector | 4890 | 16250 | 550 | 46850 |

# Itérateur

Pour parcourir les éléments d'une collection on utilise un **itérateur**. L'API JAVA définit une interface `java.util.Iterator<E>` (extraits) :

`boolean hasNext()` *Returns true if the iteration has more elements.*

`E next()` *Returns the next element in the iteration.*

`void remove()` *Removes from the underlying collection the last element returned by the iterator (optional operation).*

# Usage

```
Collection<Recyclable> trashcan = new ArrayList<Recyclable>();

trashcan.add(new Paper());                  // upcast vers Recyclable
trashcan.add(new Battery());                // implicite

                                            // itérateur sur la collection
Iterator<Recyclable> it = trashcan.iterator();
while(it.hasNext()) {
   (it.next()).recycle();                   // it.next() du type Recyclable
}
```

Possibilité d'utiliser la syntaxe "à la *for-each*" pour itérer sur les collections :

```
for(Reclyclable r :  trashcan) {
   r.recycle();
}
```

NB : Cette syntaxe est possible sur les tableaux et toutes les classes qui implémentent l'interface `Iterable<T>`.

Les `Iterator` sont **fail-fast** : si, après que l'itérateur ait été créé, la collection attachée est modifiée autrement que par les `add` et `remove` de l'itérateur alors l'itérateur lance une `ConcurrentModificationException`.
Rupture possible du contrat de l'itérateur.
Donc échec rapide et propre plutôt que de risquer l'incohérence.

```
List<Livre> l = ...;
for(int i = 0 ; i < 5; i++) {
   l.add(new Livre(...));
}
Iterator itLivre = l.iterator();
Livre l = it.next();        // ok
l.add(new Livre(...));      // modification de la liste
                            // ⟹ corruption de l'itérateur
l = it.next();              // -> ConcurrentModificationException levée
```

# `List<E>` : Méthodes complémentaires

Dans une liste les éléments sont ordonnés, la notion de position à un sens.

**`E get(int index)`** fournit l'index-ième élément de la liste.
`IndexOutOfBoundsException` - si ($index < 0 \,||\, index >= size()$)

**`boolean remove(int index)`** supprime l'index-ième élément de la liste.
(même exception)

**`int indexOf(Object element)`** indice de la première occurence `element` dans la liste, -1 si absent

**`ListIterator<E>`** pour parcours avant/arrière
(méthodes `previous()`, `hasPrevious()`)

# Collection d'objets

- Les collections ne peuvent contenir que des objets.
  ↪ et donc pas de valeurs *primitives*
- `List<int>` **n'est pas** possible, il faut utiliser `List<Integer>`.

Depuis java 1.5, existe l'*autoboxing* ce qui signifie que les conversions

$$\textit{type primitif} \leftrightarrow \textit{classe associée}$$

sont gérées par le compilateur.
Ainsi on peut écrire :

```
List<Integer> l = new ArrayList<Integer>();

l.add(12);                    correspond à    l.add(new Integer(12));
int i = l.get(0);                             int i = l.get(0).intValue();
```

# Set<E>

- interface`Set<E>` collection d'objets sans répétition de ***valeurs***
  2 classes :

  `HashSet<E>` pour test appartenance rapide
  **API Doc** *This class offers constant time performance for the basic operations (`add`, `remove`, `contains` and `size`), assuming the hash function disperses the elements properly among the buckets.*

  `TreeSet<E>` trié à partir d'une structure d'arbre (`SortedSet` : `first()`, `last()`)
  **API Doc** *This implementation provides guaranteed* $\log n$ *time cost for the basic operations (`add`, `remove` and `contains`).*

- `java.lang.Comparable` / `hashCode` et `equals`
  (cf. `TestSet.java`, `TestSetBis.java`, `TestTreeSet.java`)

# Map<K,V>

"listes associatives", dictionnaire, index, tables, etc.

groupe d'associations (Clé,Valeur)

Les "`Map`" **ne sont pas** des `Collection`s.
$\Longrightarrow$ pas d'itérateur.

**`HashMap<K,V>`** ajout et accès en temps constant

**API Doc** *This implementation provides constant-time performance for the basic operations (`get` and `put`), assuming the hash function disperses the elements properly among the buckets.*

**`TreeMap<K,V>`** en plus : clés triées

**API Doc** *This implementation provides guaranteed log(n) time cost for the `containsKey`, `get`, `put` and `remove` operations.*

`V get(K key)` récupère la valeur associé à une clé

`void put(K key, V value)` ajoute un couple (clé, valeur)

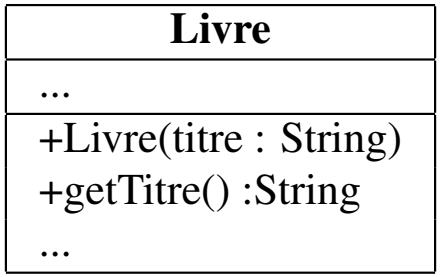
`boolean containsKey(Object key)` test l'existence d'une clé (`equals`)

`boolean containsValue(Object value)` test l'existence d'une valeur (`equals`)

`Collection values()` renvoie la collection des valeurs

`Set<K> keySet()` renvoie l'ensemble des valeurs

`Set<Map.Entry<K,V>> entrySet()` renvoie l'ensemble des couples (clé,valeurs)
(objets `Map.Entry<K,V>`)




```
Map table = new HashMap();                  // associe un Auteur à un Livre
Auteur auteur = new Auteur("Tolkien");
Livre livre1 = new Livre("Le Seigneur des Anneaux");
table.containsKey(auteur)                   // vaut false
table.put(auteur,livre1);
S.o.p(table.get(auteur).getTitre());        // affiche le Seigneur des Anneaux
table.containsKey(auteur)                   // vaut true
table.containsValue(livre1)                 // vaut true
Livre livre2 = new Livre("Le Silmarillon");
table.put(auteur,livre2);
S.o.p(table.get(auteur).getTitre());        // affiche le Silmarillon
table.containsValue(livre1)                 // vaut false
```

# “Parcours” d’une Map (1)

pas d’itérateur “direct”

```
Map<Auteur,Livre> table = ...; // associe Auteur (clé) à Livre (valeur)
...
   public void afficheMap() {
      Set<Auteur> lesCles = this.table.keySet();
      Iterator<Auteur> it_cle = lesCles.iterator();
      while (it_cle.hasNext()) {
         Auteur a = it.next();
         S.o.p(a+" a ecrit "+ this.table.get(a));
      }
   }
```

```
   public void afficheMap() {
      for(Auteur a :  this.table.keySet()) {
         S.o.p(a+" a ecrit "+ this.table.get(a));
      }
   }
```

# “Parcours” d’une Map (2)

ou en manipulant les couples (“`Map.entry`”) :

```
public void afficheMap() {
   Set<Map.Entry<Auteur,Livre>> lesEntries = this.table.entrySet();
   Iterator<Map.Entry<Auteur,Livre>> it_entry = lesEntries.iterator();
   while (it_entry.hasNext()) {
      Map.Entry<Auteur,Livre> e = it_entry.next();
      S.o.p(e.getKey()+" a ecrit "+ e.getValue());
   }
}
```

```
public void afficheMap() {
   for(Map.Entry<Auteur,Livre> entry :  this.table.entrySet()) {
      S.o.p(entry.getKey()+" a ecrit "+ entry.getValue());
   }
}
```

# Ca marche !

```
package essais;
import java.util.*;

public class TestSetSimple {

   private Set<Integer> s = new HashSet<Integer>();
   public void fill() {
      this.s.add(new Integer(1));
      this.s.add(new Integer(2));
      this.s.add(new Integer(1));
   }
   public void dump() {
      for(Integer entier :  this.s) {
         System.out.println("value "+entier);
      }
   }
   public static void main (String args[]) {
      TestSetSimple ts = new TestSetSimple();
      ts.fill();
      ts.dump();
   }
} // TestSetSimple
```

```
+--------
| value 2
| value 1
+--------
```

# Damned !

```
package essais;
public class ValueB {
   private int i = 1;
   public ValueB(int i) { this.i = i; }
   public String toString() { return "value "+i; }
}
...
package essais;
import java.util.*;
public class TestSet {
   private Set<ValueB> s = new HashSet<ValueB>();
   public void fill() {
      this.s.add(new ValueB(1));
      this.s.add(new ValueB(2)); this.s.add(new ValueB(1));
   }
   public void dump() {
      for(ValueB vb :  this.s) {
         System.out.println(vb);
      }
   }
   public static void main (String args[]) {
      TestSet ts = new TestSet();
      ts.fill();
      ts.dump();
   }
} // TestSet
```

```
+--------
| value 1
| value 2
| value 1
+--------
```

# Explications

- Les `HashSet` sont implémentés via une `HashMap` pour une plus grande efficacité.
- Dans les `HashMap`, le "*hashCode*[1]" de la clé est utilisé pour retrouver rapidement la clé (sans parcourir toute la structure).
  $\hookrightarrow$ par défaut la valeur de la référence.
- De plus la méthode `equals()` est utilisée pour gérer les collisions (2 clés avec même *hashcode*)

**donc** pour que 2 objets soient considérés comme des clés identiques, **il faut** :

- qu'ils produisent le **même** hashcode
- qu'ils soient **égaux** du point de vue de `equals`

$\Longrightarrow$ définir des fonctions `hashCode()` (aïe !) et `equals(Object o)` adaptées pour les clés des `HashMap` (et donc valeurs des `HashSet`)

[1] produit à partir de l'objet par une fonction de hachage en un `int` "quasiment unique"

## Explications

```
package essais;
public class ValueD {
   private int i = 1;
   public ValueD(int i) { this.i = i; }
   public boolean equals(Object o) {
      return (o instanceof ValueD) && (this.i == ((ValueD) o).i);
   }
   public int hashCode() { return(this.i); }
   public String toString() { return "value "+this.i; }
}
...
package essais;
import java.util.*;
public class TestSetBis {
   private Set<ValueD> s = new HashSet<ValueD>();
   public void fill() {
      this.s.add(new ValueD(1)); this.s.add(new ValueD(2));
      this.s.add(new ValueD(1));
   }
   public void dump() { ...  }
   public static void main (String args[]) {
      TestSetBis ts = new TestSetBis();
      ts.fill(); ts.dump();
   }  } // TestSetBis
```

```
+--------
| value 2
| value 1
+--------
```

```
package essais;
public class ValueC implements Comparable {
   private int i = 1;
   public ValueC(int i) { this.i = i; }
   public String toString() { return "value "+this.i; }
   public boolean equals(Object o) {
      return (o instanceof ValueD) && (this.i == ((ValueD) o).i);
   }
   public int hashCode() { return(i); }
   public int compareTo(Object o) {
      return i-((ValueC) o).i;
   }
}
...
package essais;
import java.util.*;
public class TestTreeSet {
   private Set<ValueC> s = new TreeSet<ValueC>();
   public void fill() {
      s.add(new ValueC(1)); s.add(new ValueC(2)); s.add(new ValueC(1));
   }
   public void dump() { ...  }
   public static void main (String args[]) {
      TestTreeSet ts = new TestTreeSet();
      ts.fill(); ts.dump();
   }
} // TestTreeSet
```

```
+--------
| value 1
| value 2
+--------
```

# Problème lié au typage

- `ArrayList<String>` est un sous-type de `Collection<String>`
- `Collection<String>` **n'est pas un sous-type** de `Collection<Object>`

Conséquence,

```
Collection<Hobbit> colHob = new ArrayList<Hobbit>();  // ok
Collection<Object> c = new ArrayList<Hobbit>();       // ne compile pas !!!
Collection<Object> c = colHob;                        // idem :  incompatible types
```

et donc, soit :

```
public void dump(Collection<Object> c) {
   for (Object o :  c) {
      System.out.println(o);
   }
}
```

ne peut pas prendre pour paramètre autre chose que `Collection<Object>`.

`xxx.dump(new ArrayList<Hobbit>())` **ne compile pas** !

- `Collection<Object>` ne signifie pas
  "n'importe quelle collection pourvue qu'elle contienne des objets"
  mais bien "collection d'`Objects`"

- Comment exprimer “n’importe quelle collection” ?
  càd le type qui réunit toutes les collections

`Collection<?>` (collection d’*inconnus*, **?** = joker)

**mais** la seule garantie sur les éléments c’est que ce sont des `Objects`

```
public void dump(Collection<?> c) {
   for (Object o :  c) {
      System.out.println(o);
   }
}
```

`xxx.dump(new ArrayList<Hobbit>())` est légal.
Mais :

```
Collection<?> c = new ArrayList<Hobbit>();
c.add(new Hobbit(...));          // ne compile pas
```

```
public void recycleAll(Collection<Recyclable> c) {
   for (Recycable o :  c) {
      o.recycle();
   }
}
```

permet :

```
List<Recyclable> trashcan = new ArrayList<Recyclable>();
xxx.recycleAll(trashcan);
```

mais pas :

```
List<Paper> paperBasket = new ArrayList<Paper>();
xxx.recycleAll(paperBasket); // ne compile pas, même raison
```

Comment exprimer :

une collection de *n'importe quoi du moment que c'est* `Recyclable`
càd du moment que c'est un **sous-type** de `Recyclable`

`Collection<? extends Recyclable>`)

On a alors :

```
public void recycleAll(Collection<? extends Recyclable> c) {
   for (Recycable o : c) {
      o.recycle();
   }
}
```

et alors `xxx.recycleAll(new ArrayList<Paper>())` est légal.

NB : Il existe **super** pour réclamer un type *plus général*.

# Méthodologie

en cas de “non obligation” (ou de doute) sur le choix :
utiliser l’upcast vers l’interface associée à la collection
pour faciliter le changement de choix d’implémentation

```
List<Livre> aList = new ArrayList<Livre>();
.
.  traitements avec uniquement des méthodes de l'interface List
.
```

si besoin ultérieurement on peut changer en :

```
List<Livre> aList = new LinkedList<Livre>();
.
.  mêmes traitements sans autre changement
.
```

# Listes triées

méthode statique **`sort`** de la classe utilitaire `Collections`
(tri par fusion modifié ($\sim n \log n$))

- `Collections.sort(List<T> list)`
  $\hookrightarrow$ utilisation de `compareTo`, les objets doivent être mutuellement "`Comparable`".
- `Collections.sort(List<T> list, Comparator<? super T> comp)`

Interface **`Comparator<T>`**
pour définir un opérateur de relation d'ordre **totale**

- `int compare(T o1, T o2)`