Développement Orienté Objets
Généricité et Structures de données

Petru Valicov
petru.valicov@umontpellier.fr

https://gitlabinfo.iutmontp.univ-montp2.fr/dev-objets

2023-2024

Généricité - problématique

- nous avons vu que l'utilisation des "casts" peut engendrer des erreurs d'exécution (non-détectées à la compilation)...
- ... néanmoins garantir la présence d'un certain type est souvent nécessaire :

```
ArrayList listeEntiers = new ArrayList(); // déclarée ainsi, il s'agit d'une liste de Object
listeEntiers.add(56); // emballage automatique en Integer et ajout dans la liste
Integer x = (Integer) listeEntiers.get(0); // transtypage (cast) obligatoire
```

Peut-on garantir que la liste ne contiendra que des entiers ?

```
ArrayList listeEntiers = new ArrayList();

for (int i = 0; i < 3; i++){
     double pileOuFace = Math.random();
     if (pileOuFace < 0.5)
        listeEntiers.add("bidule");
     else
        listeEntiers.add(i);
}

Integer x = (Integer) listeEntiers.get(0); // au doigt mouillé ça doit marcher...
```

Solution : restreindre le type des données contenues dans la liste à **un seul** type (par exemple, ici `Integer`).

Généricité - problématique

- nous avons vu que l'utilisation des "casts" peut engendrer des erreurs d'exécution (non-détectées à la compilation)...
- ... néanmoins garantir la présence d'un certain type est souvent nécessaire :

```
ArrayList<Integer> listeEntiers = new ArrayList<>(); // équivalent à new ArrayList<Integer>()
listeEntiers.add(56);
Integer x = listeEntiers.get(0);
```

```
ArrayList<Integer> listeEntiers = new ArrayList<>(); // équivalent à new ArrayList<Integer>()

for (int i = 0; i < 3; i++){
     double pileOuFace = Math.random();
     if (pileOuFace < 0.5)
        listeEntiers.add("bidule"); // ERREUR de compilation
     else
        listeEntiers.add(i);
}

Integer x = listeEntiers.get(0); // plus besoin de transtyper
```


Généricité

La **généricité** permet d'abstraire sur les types.

- Utilisée partout où garantir un type est nécessaire (type de variable/champ, constructeur, ...)
- Participe à la *type safety* (en éliminant les "casts")
- Syntaxe : `NomDeLaClasse<T1,T2,...>`. **Exemples :**

```
public class Box<T> {
   private T item;

   public void add(T item) {
      this.item = item;
   }
   public T get() {
      return item;
   }
}
```

```
public interface List<E> {

   void add(E x);

   void add(int index, E element);

   E remove(E x);

   // d'autres méthodes définies dans l'API
}
```

Ici on dit que `Box` est une *classe générique* ou *classe paramétrée*.

Généricite : exemple

```java
public class Box<T> {

   private T item;

   public void add(T item){
      this.item = item;
   }

   public T get() {
      return item;
   }

}
```

```java
public class Tool {
   private int size;
   private String description

   public Tool(int size, int description){
      this.size = size;
      this.description = description;
   }

   public String toString(){
      return "outil " + description + " de taille " + size;
   }
}
```

```java
public class ClasseCliente {

   public static void main(String[] args) {
      Box<Integer> boite = new Box<>();
      boite.add(42);
      System.out.println(boite.get());

      Box<Tool> boiteOutils = new Box<>();
      boiteOutils.add(new Tool(5,"marteau"));
      System.out.println(boiteOutils.get());
   }

}
```


Généricité : comment ça marche ?

- En Java les types génériques existent uniquement à la compilation
- Après vérification, le compilateur va **remplacer** tous les types génériques par leur super-type

```java
// code initial écrit par le programmeur
public class Box<T> {
   private T item;

   public void add(T item){
      this.item = item;
   }

   public T get() {
      return item;
   }
}
```

$\Longrightarrow$ compilation

```java
// code après la compilation
public class Box {
   private Object item;

   public void add(Object item){
      this.item = item;
   }

   public Object get() {
      return item;
   }
}
```

Effacement de type (_type erasure_)

Mécanisme qui supprime les annotations de type d'un programme avant l'exécution.

Attention au diamant <> :

```java
Box<Integer> boite = new Box(); // instruction non-sûre (et dangereuse) !
```


Effacement du type - restrictions

Quelques soucis sont à retenir :

- Les types paramétrées sont *uniquement* des types objets (pas de `int`, `boolean`, etc.)
- À l'intérieur d'une classe/méthode paramétrée par un type `T`, il est impossible d'instancier un objet de type `T`.
- Puisque l'effacement du type a lieu *avant* la production du byte-code, on perd de la flexibilité pour la surcharge :

```java
public void trier(List<String> chainesDeCaracteres) {
    // traitement
}

public void trier(List<Integer> nombres) {
    // traitement
}
```

Le code ci-dessus ne compile pas !

Généricité multiple

```java
public class Entry<K,V>{
   private final K key;
   private final V value;

   public Entry(K k, V v){
       key = k;
       value = v;
   }

   public K getKey(){
       return key;
   }

   public V getValue(){
       return value;
   }

   public String toString(){
       return "(" + key + ","+value+")";
   }
}
```

```java
Entry<String, String> grade = new Entry<>("Albert", "B");
Entry<String, Integer> mark = new Entry<>("Albert", 16);
System.out.println("grade: " + grade);
System.out.println("mark: " + mark);
```

Généricité - imbrication

Le type générique peut être de n'importe quel type objet (y compris de type paramétré) :

```
ArrayList<ArrayList<Integer>> tableau2D = new ArrayList<>();

for (ArrayList<Integer> ligne: tableau2D)
    for (Integer element: ligne)
        System.out.println(element);
```


Généricité et l'héritage

Puisque `Object` est la super-classe de toutes les classes, peut-on remplacer la déclaration d'un type générique par `Object` ?

```
ArrayList<Object> liste = new ArrayList<String>(); // ???

liste.add("toto");
liste.add(new Object()); // ???
liste.add(new Etudiant("Fifi"));

String s0 = liste.get(0); // ???
String s1 = liste.get(1); // ???
String s2 = liste.get(2); // ???
```

Quels sont les problèmes dans le programme ci-dessus ?

`ArrayList<Object>` ne peut pas être considérée comme une super-classe de toutes les `ArrayList<Chose>`, où `Chose` est un type donné (`Integer`, `String`, `Employe`, `Voiture`, etc.)

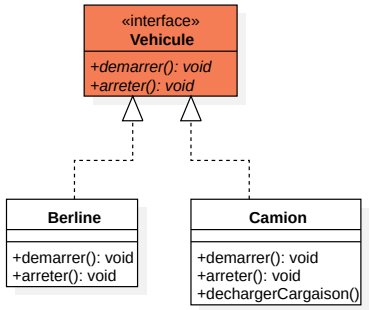
Généricité restreinte

```
public class Garage<T extends Vehicule> {
    private ArrayList<T> vehicules;

    public Garage(ArrayList<T> vehicules) {
        this.vehicules = vehicules;
    }

    public void garer(T vehicule){
        vehicules.add(vehicule);
    }

    public T sortir(){
        return vehicules.remove(0);
    }
}
```




```
public class App {
    public static void main(String[] args) {
        //ArrayList<Camion> vehiculeChantier = new ArrayList<>();
        ArrayList<Berline> vehiculesLuxe = new ArrayList<>();

        // du code manipulant vehiculeLuxe
        Garage<Berline> garageLuxe = new Garage<>(vehiculesLuxe);
        garageLuxe.garer(new Berline());
    }
}
```

Dans cet exemple le mot-clé `extends` signifie "*héritage*" au sens général, y compris lorsqu'il s'agit d'une interface.

Méthodes génériques

Utilisées lorsque la portée du type générique ne sort pas en dehors de la méthode

```
public class App {
    public <U> void fillBoxes(U u, List<Box<U>> boxes) {
        for (Box<U> box : boxes)
            box.add(u);
    }

    public <U extends Employe> U getLePlusRiche(List<U> employes) {
        double max = 0;
        U lePlusRiche = null;
        for (U employe : employes)
            if (max < employe.getSalaireBrut()){
                max = employe.getSalaireBrut()
                lePlusRiche = employe;
            }
        return lePlusRiche;
    }
}
```

Généricité - joker (wildcard)

```java
public class Entry<K,V> {
    private final K key;
    private final V value;

    public Entry(K k, V v) {
        key = k;
        value = v;
    }

    public K getKey() {
        return key;
    }

    public V getValue() {
        return value;
    }

    public String toString() {
        return "(" + key + ","+value+")";
    }
}
```

```java
// Un joker peut être utilisé pour plus de flexibilité :
Entry<?, ?> randomNotation = new Entry<String, Double>("Albert", 0.7);
Entry<?, ?> randomNotation = new Entry<String, String>("Donald", "zero");
```


Généricité - joker (wildcard)

Rappel : `ArrayList<Object>` n'est pas un super-type de `ArrayList<T>` où `T` est un type donné.

Comment faire si on souhaite appliquer un traitement général sur des objets des classes paramétrées quelconques (inconnues à l'avance) ?

```java
public class App {
    public void afficher(ArrayList<Object> liste) {
        for (Object element : liste)
            System.out.println(element); // invocation de la méthode toString() de Object (ou de ?)
    }

    public void utiliser() {
        ArrayList<Integer> listeEntiers = new ArrayList<>();
        listeEntiers.add(29);
        afficher(listeEntiers); // ERREUR de compilation
        int entier = listeEntiers.get(0) + 3;
    }

    public void utiliser2() {
        ArrayList<Object> listeEntiersVusCommeDesObject = new ArrayList<>();
        listeEntiersVusCommeDesObject.add(29);
        afficher(listeEntiersVusCommeDesObject); /* fonctionne mais les références dans la liste
                                                    ont Object comme type apparent... */
        int entier = listeEntiersVusCommeDesObject.get(0) + 3; // ERREUR de compilation (besoin du cast)
    }
}
```


Généricité - joker (wildcard)

Rappel : `ArrayList<Object>` n'est pas un super-type de `ArrayList<T>` où `T` est un type donné.

```java
public class App {

    public void afficher(ArrayList<?> liste) {
        for (Object element : liste)
            System.out.println(element);
    }

    public void utiliser() {
        ArrayList<Integer> listeEntiers = new ArrayList<>();
        afficher(listeEntiers); // fonctionne
        int entier = listeEntiers.get(0) + 3;

        ArrayList<Object> listeEntiersVusCommeDesObject = new ArrayList<>();
        listeEntiersVusCommeDesObject.add(29);
        afficher(listeEntiersVusCommeDesObject); // fonctionne comme avant
        int entier = (Integer) listeEntiersVusCommeDesObject.get(0) + 3;
    }
}
```

Le joker $\approx$ type inconnu. Noté `?` et utilisé lorsque le code ne dépend pas du type de paramètre.

Attention au joker !

```java
public class App {
    public void ajouter(ArrayList<Object> liste) {
        liste.add(10); // compile et s'exécute
        liste.add(new Object()); // compile et s'exécute
    }

    public void ajouterJoker(ArrayList<?> liste) {
        liste.add(10); // ERREUR de compilation
        liste.add(new Object()); // ERREUR de compilation
        liste.add(null); // compile et s'exécute
    }
}
```

Plus d'infos sur les pièges et astuces :

- https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/
- http://www.angelikalanger.com/GenericsFAQ/JavaGenericsFAQ.html
- J. Blosch. *Effective Java, Chapter 5 (3rd Edition)*

Joker restreint (borne sup)

`<? extends T>` - défini sur tous les types héritant de T.

```
public double calculerSalaires(ArrayList<? extends Employe> personnel) {
    double sommeFinale = 0;
    for (Employe e : personnel) {
        sommeFinale += e.getSalaireBrut();
    }
    return sommeFinale;
}
```

Attention, pas le droit d'écriture dans la ArrayList dans ce cas :

```
ArrayList<Vendeur> vendeurs = new ArrayList<>();
ArrayList<? extends Employe> employes = vendeurs;
employes.add(new Employe()); // ERREUR de compilation - et heureusement !
```

Donc :

```
public void methodeErronée(ArrayList<? extends Employe> personnel) {
    personnel.add(new Employe()); // ERREUR de compilation
}
```


Joker restreint (borne sup) – un autre exemple

```
public class App {

    public void essayerFonctionnement(ArrayList<? extends Vehicule> liste) {
        for (Vehicule vehicule : liste) {
            vehicule.demarrer();
            vehicule.arreter();
            System.out.println(vehicule + " essayé, on va l'acheter ! ");
        }
    }

    public static void main(String args[]) {
        ArrayList<Camion> listeCamions = new ArrayList<>();
        essayerFonctionnement(listeCamions);

        ArrayList<Vehicule> listeVehicules = new ArrayList<>();
        listeVehicules.add(new Camion());
        listeVehicules.add(new Berline());
        essayerFonctionnement(listeVehicules);
    }
}
```


Joker restreint (borne inf)

`<? super E>` : borne inférieure

- Fonctionne sur tous les types ayant E comme sous-type

```
public class Agregat<E> {
    ArrayList<E> contenu;

    public Agregat(ArrayList<E> contenu) {
        this.contenu = contenu;
    }
    public void exporter(ArrayList<? super E> destination) {
        for (E valeur : contenu) {
            destination.add(valeur);
        }
    }
}
```

```
ArrayList<Integer> liste = new ArrayList<>();
// ajout de pleins d'éléments dans la liste avec liste.add(...)
Agregat<Integer> agregat = new Agregat<>(liste);
ArrayList<Integer> dest = new ArrayList<>();
agregat.exporter(dest); // on exporte dans une liste de Integer
ArrayList<Number> dest2 = new ArrayList<>();
agregat.exporter(dest2); // on exporte dans une liste Number
```


ArrayList vs tableaux

- En pratique les tableaux ont l'air d'être plus faciles à utiliser
- Mais de point de vue vérification des types ce n'est pas idéal...

```
Object[] tableau = new int[5]; // compile et s'exécute
tableau[0] = 2; // compile et s'exécute
tableau[1] = "pas un entier :-) "; // compile mais provoque
                                   // une erreur à l'exécution
```

Préférez les listes aux tableaux :

```
List<Object> = new ArrayList<Integer>(); // ERREUR de compilation
tableau[0] = 2;
tableau[1] = "pas un entier :-) "; // ERREUR de compilation
```

Java Collections Framework

- Contient différentes APIs de structures de données classiques (appelées "*collections*")
- Hiérarchie d'interfaces, d'implémentations et d'algorithmes
- Permet une meilleure interopérabilité avec les autres APIs du langage

Organisation :

- Dans le package `java.util`
- Deux interfaces de base :
  - `java.util.Collection` - structures *itérables*
  - `java.util.Map` - structures de la forme *tableau associatif*
- Une interface pour itérer sur les collections :
  - `java.util.Iterator`

Java Collections Framework

- On utilise en général comme type apparent une des interfaces (`List`, `Map`,...) et on choisit l'implémentation correspondante
- **L'intérêt** : changer plus facilement d'implémentation

```
List<Integer> liste = new LinkedList<>();

// du code utilisant la liste
int nouveauNombre = 42;
liste.add(nouveauNombre);

int moyenne = 0;
for (Integer e : liste){
    System.out.println("Valeur : " + e);
    moyenne += e;
}
if (liste.size() > 0)
    moyenne /= liste.size();
System.out.println("Moyenne = " + moyenne);
```

On peut appliquer le **principe de substitution** sur la première ligne.

API de collections

1. Interface `Collection<E>` :
   - `Set` - notion d'ensemble mathématique
   - `List` - notion de liste classique
   - `Queue` - stockage temporaire (file FIFO)
   - `Deque` (double ended queue) - file à deux bouts
2. Interface `Map<K,V>` – généricité sur deux types

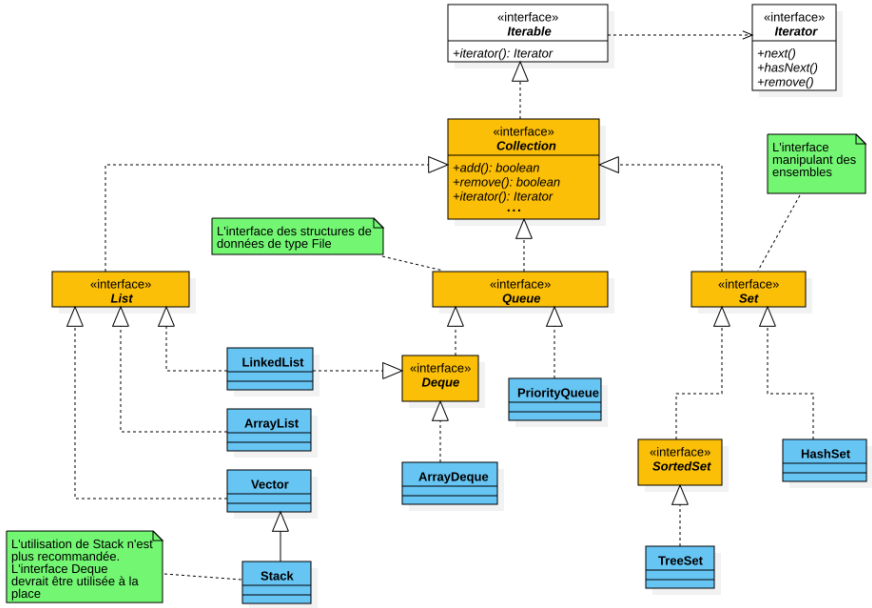
Consigne

Avant d'aller au prochain TP, consulter la documentation officielle :

https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Collection.html

https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Map.html

java.util.Collection



Interface Collection<E>

```
int size();
boolean isEmpty();
boolean contains(Object element);
boolean add(E element);
boolean remove(Object element);
Iterator<E> iterator();
boolean containsAll(Collection<?> c);
boolean addAll(Collection<? extends E> c);
boolean removeAll(Collection<?> c);
boolean retainAll(Collection<?> c);
void clear();
Object[] toArray();
```


Un moyen simple d'itérer

```
Collection<VotreType> col = new ArrayList<>();
for (VotreType elem : col) {
    System.out.println(elem);
}

List<Integer> liste = new LinkedList<>();
for (Integer elem : liste) {
    System.out.println(elem);
}
```

- Utilise en interne la méthode `iterator()` de `Collection`
- Également appelé *for-each* ou boucle *for renforcée*
- Depuis Java 8 on peut écrire ces instructions de manière "fonctionnelle" (en utilisant les *lambdas expressions*) :

```
List<Integer> liste = new LinkedList<>();
liste.forEach (elem -> System.out.println(elem) );
```


Itération sur les collections

```
List<Integer> liste = new ArrayList<>();
// ici du code qui ajouter des éléments dans la liste
for (int i=0; i<liste.size(); i++) {
    liste.add(35); // compile, s'exécute. Mais...
    liste.remove(liste.get(0)); // compile, s'exécute. Mais...
}
```

La boucle *for renforcée* interdit les modifications de la collection :

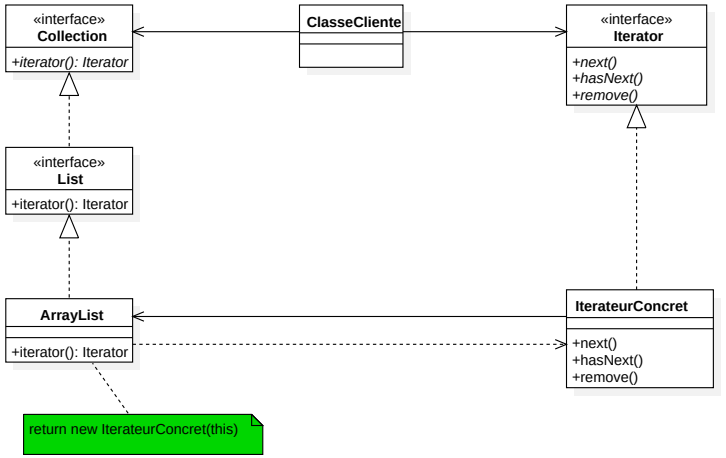
```
List<Integer> liste = new ArrayList<>();
// ici du code qui ajouter des éléments dans la liste
for (Integer element : liste) {
    liste.add(35); // une "exception" (ici "erreur")
                   // de type java.util.ConcurrentModificationException
                   // va être levée à l'exécution
}
```

Conseil

Évitez d'utiliser le `for` classique pour parcourir et/ou modifier une collection.

Itération : l'interface java.util.Iterator

Objectif : fournir un moyen d'accès séquentiel aux éléments d'une agrégation d'objets, sans exposer la représentation interne de celle-ci



L'utilisateur (client) n'est pas concerné par la manière dont les objets sont gérés/organisés dans la collection.

Écrire son propre itérateur : exemple

```java
public class Entreprise {
    private String nom;
    private List<Personne> employes;
    public Entreprise(String nom) {
        this.nom = nom; employes = new LinkedList<>();
    }

    public void embaucher(Personne p){ employes.add(p); }

    public Iterator<Personne> getIterator(){
        return new IterateurConcret(employes);
    }
}
```

```java
public class Personne {
    private String nom, prenom;
    public Personne(String nom, String prenom) {
        this.nom = nom; this.prenom = prenom;
    }

    public String toString() {
        return "nom=" + nom + "," + "prenom=" + prenom + "]";
    }
}
```

```java
public class Client {
    public static void main(String[] args) {
        Entreprise maBoite = new Entreprise("Poire Mordue");
        maBoite.embaucher(new Personne("Bougeret", "Marin"));
        maBoite.embaucher(new Personne("Poupet", "Victor"));
        maBoite.embaucher(new Personne("Valicov", "Petru"));

        Iterator<Personne> it = maBoite.getIterator();
        while(it.hasNext())
            System.out.println(it.next());
    }
}
```

```java
// interface définie dans java.util
public interface Iterator<T> {

    // test de fin
    boolean hasNext();

    //retourner courant + passer au suivant
    T next();

    /* méthodes par défaut (implémentation optionnelle) */
    default void remove() {
        throw new UnsupportedOperationException("remove");
    }

    default void forEachRemaining(/* ... */) { /* ... */ }
}
```

```java
public class IterateurConcret implements Iterator<Personne>{

    private int position = 0;
    private List<Personne> lesEmployes;

    public IterateurConcret(List<Personne> employes) {
        lesEmployes = employes;
    }

    public boolean hasNext() {
        if (position >= lesEmployes.size())
            return false;
        return true;
    }

    public Personne next() {
        Personne p = lesEmployes.get(position);
        position++;
        return p;
    }
}
```


Itération et suppression des éléments

Pour supprimer des éléments, il faut utiliser `iterator()` manuellement.

```java
// création d'une collection avec des objets String
Collection<String> tasDeGugusses = new ArrayList<>();
tasDeGugusses.add(...); // ajout d'une référence vers un objet String
tasDeGugusses.add(...); // ajout d'une référence vers un objet String

// itération sur la collection pour supprimer certains éléments
for (Iterator<String> it = tasDeGugusses.iterator(); it.hasNext();) {
    // ici l'itérateur it est instancié de manière anonyme (à travers une classe "jetable")

    String bonhomme = it.next();
    if (bonhomme.equals("Toto"))
       it.remove(); // Supprime la référence bonhomme de tasDeGugusses
}
```

Il est également possible d'utiliser une méthode par défaut de l'interface `Collection` avec une lambda expression :

```java
tasDeGugusses.removeIf(bonhomme -> bonhomme.equals("Toto"));
```

Plus d'infos sur les lambdas leur syntaxe sur la doc officielle :
https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/javaOO/lambdaexpressions.html

Interface Set

- Modélise les opérations ensemblistes (au sens mathématique) :
  - Unicité des éléments ≈ `add(element)` ne change pas la collection et retourne `false` si l'élément est déjà présent
  - Comparaison des ensembles (avec `equals(Object o)`)
  - Les opérations mathématiques avec les ensembles : `addAll(..)`, `containsAll(..)`, `removeAll(..)`, `retainAll(..)`
- Trois implémentations :
  - `HashSet` - *ordre aléatoire*
    $\Longrightarrow$ performant - utilise `hashCode()` des objets qu'il contient
  - `TreeSet` - *triée* en fonction des valeurs de la collection
    $\Longrightarrow$ plus lourd à manipuler à cause de l'ordre maintenu
  - `LinkedHashSet` - *ordre d'insertion*
    $\Longrightarrow$ presque aussi performant que `HashSet`
- L'ordre des éléments est celui de parcours avec *for-each*.

Interface Set - exemples

Que font-ils ?

```java
Collection<TypeG> col1 = new ArrayList<>();
//ici du code pour ajouter des éléments dans col1
Collection<TypeG> col2 = new HashSet<>(col1);
```

```java
import java.util.Set;
import java.util.TreeSet;

public class TestSet {

    public static void main(String[] args) {
        Set<String> ensemble = new TreeSet<>();

        for (String a : args)
            if (!ensemble.add(a))
                System.out.println("Mot " + a);

        System.out.println(ensemble.size() + " mots");
        System.out.println("La liste des mots : " + ensemble);
    }
}
```

Interface List<E>

- Collection ordonnée
- Méthodes d'accès à un élément avec son index :

  `get(int i)` et `set(int i, E element)`
- Recherche l'index d'un élément : `indexOf`, `lastIndexOf`
- Sous-liste : `List<E> subList(int from, int to)`
- Méthodes d'ajout et de suppression :

```
boolean add(E element)
void add(int index, E element)
E remove(int index)
boolean addAll(int index,Collection<? extends E> c)
```


Interface List<E>

Trois principales implémentations :

- `LinkedList` - liste chaînée (avec accès séquentiel)
  - suppression ou insertion rapide
  - accès coûteux
- `ArrayList` - tableau dynamique
  - suppression ou insertion coûteuse
  - accès rapide
- `Vector` - tableau dynamique, supporte le multithreading
  - très lourd et coûteux à l'utilisation
  - la plupart de temps son utilisation est déconseillée

Itération sur List

Un itérateur spécifique `ListIterator` (implémente `Iterator`) :

- parcours à l'envers : `hasPrevious()`, `previous()`
- accès à l'index : `nextIndex()`, `previousIndex()`
- modification de la liste (à utiliser avec précaution) :

  `add(E e)`, `remove()`, `set(E e)`

```
List<Integer> liste = new LinkedList<>();
ListIterator<Integer> monIterateur = liste.listIterator();

while(monIterateur.hasNext()){
   System.out.println(monIterateur.next());
}

while(monIterateur.hasPrevious()){
   System.out.println(monIterateur.previous());
}
```


La classe Stack - exemple de conception erronée

Étend la classe `Vector`

- Principe de pile (ou LIFO)
- Quatre opérations de base :

  `empty()`, `peek()`, `push(E e)`, `pop()`
- Opération supplémentaire : `search(Object o)`

Quelques problèmes avec `Stack` :

- N'est pas une interface
- Hérite de `Vector` - donc par défaut **c'est un tableau !**
- Les opérations de pile ne sont pas optimales

À éviter (utiliser plutôt `Deque`)

Interface Queue

- Stockage temporaire d'éléments en attente de traitement
- On ne choisit pas l'endroit d'insertion
- Uniquement le premier élément (la tête) de la queue est accessible
- Différentes implémentations
  - `PriorityQueue` : les éléments sont traités par ordre de priorité
  - Interface `Deque` : une queue utilisable dans les deux sens
    - `LinkedList` : file FIFO
    - `ArrayDeque` : file LIFO
- Les méthodes importantes ont deux versions :

ajout	suppression	le premier élément	si problème alors
`add(e)`	`remove()`	`element()`	lèvent une exception
`offer(e)`	`poll()`	`peek()`	renvoient une valeur spéciale

Interface Queue : exemple avec PriorityQueue

```
public static void main(String[] args) {
    // Déclaration d'une file de priorité d'entiers
    PriorityQueue<Integer> maFile = new PriorityQueue<>();

    maFile.add(200); // 200 est la tête de la file
    maFile.add(400); // 200 est toujours la tête de la file
    maFile.add(900); // 200 est toujours la tête de la file
    maFile.add(100); // 100 est la tête de la file

    System.out.println(maFile);// Affiche dans un ordre ARBITRAIRE
    // Par exemple, sur cette machine : [100, 200, 900, 400]

    // Pour afficher les éléments de la file dans l'ordre
    // de priorité, il faut les retirer un à un.
    while (!maFile.isEmpty())
        System.out.println(maFile.remove());
    // Affiche "100 200 400 900" mais la file est vide maintenant !
}
```

L'ordre de priorité est à priori à définir par le programmeur (sur les entiers il y a un ordre par défaut).

PriorityQueue : ordonné ≠ trié

Ne confondez pas une file de priorité avec une liste/tableau trié !

Contrairement à une liste/tableau (trié ou pas) :

- Dans une `PriorityQueue` les objets ne sont pas ordonnés en avance : seul le plus petit élément (la tête de la file) est accessible
- L'`Iterator` sur `PriorityQueue` **ne garantit pas** un ordre quelconque sur les éléments
- En défilant les éléments de `PriorityQueue`, on a toujours une garantie de récupérer les éléments dans l'ordre.
- Pas d'éléments **null** dans `PriorityQueue`

Ajouter un élément dans une liste triée ne garantit pas qu'elle reste triée...

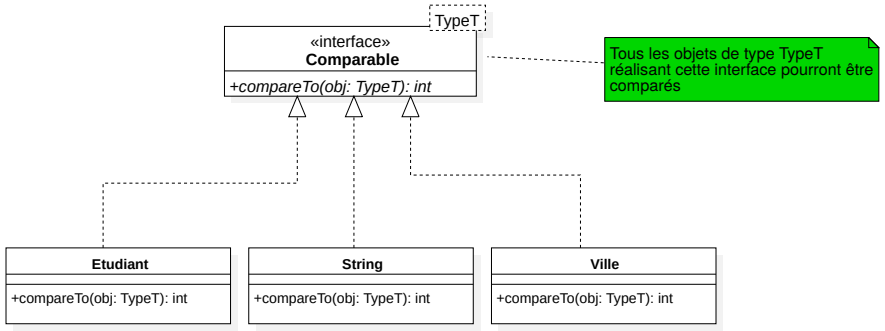
Comment ordonner les objets ?

- Certaines implémentations de collections ont un ordre à respecter : `TreeSet`, `PriorityQueue`, `TreeMap`.
- L'ordre est défini par l'interface `Comparable`
- Les classes Java standard ont déjà un ordre naturel (`Integer`, `String`)

Pour utiliser l'interface générique `Comparable<TypeT>` :

1. implémenter l'interface :
`public class MaClasse implements Comparable<MaClasse>`
2. définir la méthode `int compareTo(MaClasse o)`
3. redéfinir `boolean equals(Object o)` et `int hashCode()`

Exemple d'interface : java.lang.Comparable



1. La méthode abstraite `compareTo()` retourne une valeur entière, censée être :
   - positive si l'objet comparable est supérieur à l'objet `obj`
   - 0 (zéro) si l'objet comparable est égal à l'objet `obj`
   - négative si l'objet comparable est inférieur à l'objet `obj`
2. Cette méthode abstraite **doit être implémentée** dans chaque réalisation de `Comparable`.

Interface Comparable : illustration

```
// L'interface telle que définie dans
// l'API Java. À implémenter par toute
// classe T destinée à être "comparable"
public interface Comparable<T> {
   public int compareTo(T o);
}
```

```
import java.util.PriorityQueue;

public class App {
   public static void main(String[] args) {
      Ville montp = new Ville("Montpellier", 288600);
      Ville sete = new Ville("Sète", 43858);
      Ville paris = new Ville("Paris", 2175601);

      PriorityQueue<Ville> file = new PriorityQueue<>();
      file.add(montp);
      file.add(paris);
      file.add(sete);

      // défilement de la PriorityQueue
      while(!file.isEmpty()) {
         Ville courant = file.poll();
         System.out.println(courant);
      }
      // affiche: Sète, Montpellier, Paris
   }
}
```

```
public class Ville implements Comparable<Ville> {
   private String nom;
   private int population;

   public Ville(String nom, int population) {
      this.nom = nom;
      this.population = population;
   }

   public String toString() {
      return "" + nom;
   }

   public int compareTo(Ville ville) {
      return population - ville.population;
   }

   // equals doit être cohérent avec compareTo...
   public boolean equals(Object o) {
      if (this == o) return true;
      if (o == null || getClass() != o.getClass())
            return false;
      Ville ville = (Ville) o;
      return population == ville.population;
   }

   // hashCode doit être cohérent avec equals
   public int hashCode() {
      return population;
   }
}
```


Interface Comparator

- Imaginons qu'on ne souhaite pas modifier les objets.
- *exemple* : d'abord ordonner les villes suivant leur code postal et plus tard suivant leur nom.
- L'interface `Comparator` permet de définir un ordre sur les objets sans que cet ordre devienne une propriété de l'objet.

```
// L'interface telle que définie dans l'API Java. À implémenter par toute
// classe définissant un ordre de comparaison sur des objets de type T
public interface Comparator<T>{
    public int compare(T o1, T o2);
}
```

La méthode abstraite `compare()` retourne une valeur entière :

- positive si o1 est supérieur à o2
- 0 (zéro) si o1 est égal à o2
- négative si o1 est inférieur à o2

Interface Comparator - exemple

```
public class OrdreSelonCP implements Comparator<Ville> {
   public int compare(Ville v1, Ville v2) {
   //comparaison en fonction du code postal
   return v1.getCodePostal() - v2.getCodePostal());
   }
}
```

```
public class OrdreSelonNom implements Comparator<Ville> {
   public int compare(Ville v1, Ville v2) {
   //comparaison en fonction du nom
   return v1.getNom().compareTo(v2.getNom());
   }
}
```

```
public class Ville {
   private String nom;
   private int codePostal;

   public Ville(String nom, int cp) {
      this.nom = nom; codePostal = cp;
   }

   public int getCodePostal(){ return codePostal;}

   public String getNom() { return nom; }

   public String toString() { return "" + nom; }
}
```

```
import java.util.TreeSet;
public class TestComparator {
   public static void main(String[] args) {
      Ville montpellier = new Ville("Montpellier", 34000);
      Ville lyon = new Ville("Lyon", 69000);

      TreeSet<Ville> ensemble = new TreeSet<>(new OrdreSelonCP());
      //TreeSet<Ville> ensemble = new TreeSet<>(new OrdreSelonNom());
      ensemble.add(lyon);
      ensemble.add(montpellier);

      for(Ville v : ensemble)
         System.out.println(v);
   }
}
```

Comparator et Comparable - remarques

Les deux interfaces permettent de comparer des objets, mais :

- `Comparable` est une propriété de l'objet : les classes *deviennent* **comparables**... et le seront à tout jamais
- `Comparator` est un outil de comparaison : plus souple car on n'impose pas de comportement aux objets à comparer.

Il est très facile d'obtenir un ordre *décroissant* :

```
public class OrdreSelonNom implements Comparator<Ville>{

    public int compare(Ville v1, Ville v2) {
       // ordre décroissant suivant les noms
       return v2.getNom().compareTo(v1.getNom());
    }
}
```

```
TreeSet<Ville> ensemble;
ensemble = new TreeSet<>(new OrdreSelonNom());
ensemble.add(lyon);
ensemble.add(montpellier);

for(Ville v : ensemble)
   System.out.println(v);
```

L'ordre naturel (imposé avec `Comparable`)) **doit être cohérent avec** `boolean equals(Object o)`.

Algorithmes sur les collections

- Définis dans la classe `java.util.Collections` (**et pas** `java.util.Collection`).
- La classe contient uniquement des méthodes statiques qui manipulent des collections (des objets de type `Collection`) :

```
Collections.reverse(List l)
Collections.swap(List l, int index1, int index2)
Collections.rotate(List list, distance)
Collections.shuffle(List l)
Collections.addAll(Collection c, elements)
Collections.sort(List l)
synchronizedCollection(Collection c)
```

etc...

Ne pas confondre `Collections` **avec** `Collection` **!!!**

Traiter les collections : l'interface `Stream`

- les collections Java permettent d'organiser efficacement le **stockage** des données et les accès
- *filtrer* ces données peut se faire en faisant des parcours à la main (avec `Iterator`), mais ça peut être vite fatiguant...

Un `Stream` en Java représente un flux de données issues d'une source (une collection, des entrées/sorties etc.)

L'API `Stream` permet de décrire de manière déclarative un ensemble d'opérations à exécuter sur les éléments d'une source de données.

Avantages :

- optimisation des traitements
- syntaxe plus succincte due à l'approche fonctionnelle

Traiter les collections : l'interface `Stream`

Exemple d'une tâche : *à partir d'une liste d'entiers, afficher tous les entiers pairs en ordre croissant.*

```
private static void traitementAvecIterator() {
    List<Integer> listeNombres = Arrays.asList(7, 5, 8, 4, 1, 9, 3, 2, 10);

    List<Integer> copie = new ArrayList<>(listeNombres);
    Collections.sort(copie);

    for (Integer number : copie)
        if (number % 2 == 0)
            System.out.println(number);
}
```

Les streams simplifient la syntaxe :

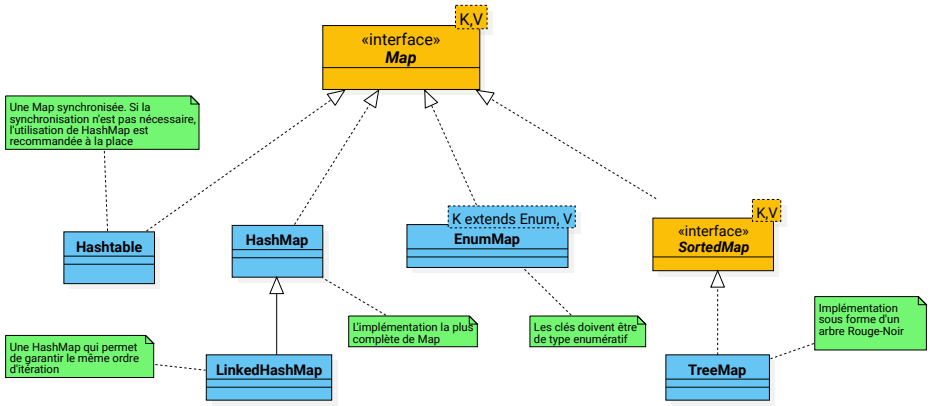
```
private static void traitementAvecStream() {
    List<Integer> listeNombres = Arrays.asList(7, 5, 8, 4, 1, 9, 3, 2, 10);

    listeNombres.stream()
            .filter(n -> n % 2 == 0)
            .sorted()
            .forEach(System.out::println);
}
```

De plus, les optimisations internes de l'API `Stream` permettent d'obtenir un gain en temps d'exécution.

Interface java.util.Map

- Fait correspondre une clef unique de type arbitraire à une valeur
- La clef et la valeur sont de types génériques



Une Map c'est comme un tableau sauf qu'indexé par des objets !

Interface Map<K,V>

```java
import java.util.HashMap;
import java.util.Map;

public class MapExample {
    public static void main(String[] args) {
        Map<String, Integer> villes = new HashMap<>();

        villes.put("Montpellier", 34);
        villes.put("Sète", 34);
        villes.put("Aix", 13);
        villes.put("Marseille", 13);
        villes.put("Paris", 75);

        String clef = "Montpellier";
        System.out.println("Dép. " + villes.get(clef)); // affiche Dép. 34

        villes.remove(clef);
        System.out.println("Dép. " + villes.get(clef)); // affiche Dép. null

        System.out.println(villes.containsKey("Marseille"); // affiche true
        System.out.println(villes.containsValue(34); // affiche true
    }
}
```


Interface Map<K,V>

- `get(clef)`, `remove(clef)` - `null` si pas présent
- `put(clef, valeur)` - efface la valeur existante
- `containsKey(clef)`, `containsValue(val)`
- `size()`, `isEmpty()`, `clear()`
- `Set<K> keySet()`, `Collection<V> values()`
- `putAll(Map<? extends K, ? extends V> m`

Il est possible d'associer plusieurs valeurs à une clef :

`Map<E, List<E2>>`

Interface Map<K,V>

Mêmes types d'implémentations que pour `Set` :

- `HashMap` - performance mais aucun garanti d'ordre
- `TreeMap` - les clés sont triées
- `LinkedHashMap` - une HashMap mais où l'ordre d'insertion des clés est préservé

Itération sur une `Map` :

- avec un *for-each* explicite

```java
for (Map.Entry<TClef, TVal> entry : map.entrySet()) {
    System.out.println(entry.getKey() + ":" + entry.getValue());
}
```

- avec une expression lambda

```java
map.forEach((k, v) -> System.out.println((k + ":" + v)));
```

`Map` n'implémente pas `Iterable` (contrairement à `Collection`).