Collections

Université de Nice - Sophia Antipolis
Version 7.0.1 – 28/12/11
Richard Grin

Plan du cours

- Généralités sur les collections
- Collections et itérateurs
- Maps
- Utilitaires : trier une collection et rechercher une information dans une liste triée
- Accès concurrent aux collections
- Écrire ses propres classes de collections

Définition

- Une collection est un objet dont la principale fonctionnalité est de contenir d'autres objets, comme un tableau
- Le JDK fournit d'autres types de collections sous la forme de classes et d'interfaces
- Ces classes et interfaces sont dans le paquetage **`java.util`**

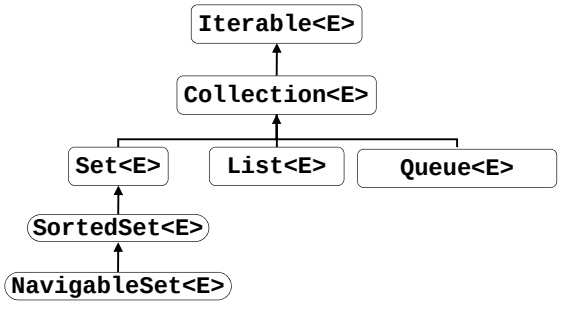
Généricité

- Avant le JDK 5.0, il n'était pas possible d'indiquer qu'une collection du JDK ne contenait que des objets d'un certain type ; les objets contenus étaient déclarés de type **`Object`**
- A partir du JDK 5.0, on peut indiquer le type des objets contenus dans une collection grâce à la généricité : **`List<Employe>`**
- Il est préférable d'utiliser les collections génériques

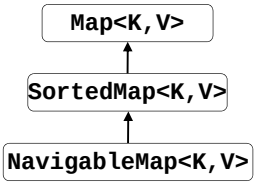
Les interfaces

- Des interfaces dans 2 hiérarchies d'héritage principales :
  - **`Collection<E>`**
  - **`Map<K,V>`**
- **`Collection`** correspond aux interfaces des collections proprement dites
- **`Map`** correspond aux collections indexées par des clés ; un élément de type **`V`** d'une *map* est retrouvé rapidement si on connaît sa clé de type **`K`** (comme les entrées de l'index d'un livre)

Hiérarchie des interfaces - `Collection`



Hiérarchie des interfaces – **`Map`**



Les classes abstraites

- **`AbstractCollection<E>`**, **`AbstractList<E>`**, **`AbstractMap<K,V>`**,… implantent les méthodes de base communes aux collections (ou *map*)
- Elles permettent de factoriser le code commun à plusieurs types de collections et à fournir une base aux classes concrètes du JDK et aux nouvelles classes de collections ajoutées par les développeurs

Les classes concrètes

- **`ArrayList<E>`**, **`LinkedList<E>`**, **`HashSet<E>`**, **`TreeSet<E>`**, **`HashMap<K,V>`**, **`TreeMap<K,V>`**,… héritent des classes abstraites
- Elles ajoutent les supports concrets qui vont recevoir les objets des collections (tableau, table de hachage, liste chaînée,…)
- Elles implantent ainsi les méthodes d'accès à ces objets (*get*, *put*, *add*,…)

Classes concrètes d'implantation des interfaces

		Classes d'implantations			
		Table de hachage	Tableau	Arbre balancé	Liste chaînée
Interfaces	`Set<E>`	`HashSet<E>`		`TreeSet<E>`	
	`List<E>`		`ArrayList<E>`		`LinkedList<E>`
	`Map<K,V>`	`HashMap<K,V>`		`TreeMap<K,V>`	
	`Queue<E>`		`ArrayDequeue<E>`		`LinkedList<E>`

Classes étudiées

- Nous étudierons essentiellement les classes **`ArrayList`** et **`HashMap`** comme classes d'implantation de **`Collection`** et de **`Map`**
- Elles permettent d'introduire des concepts et informations qui sont aussi valables pour les autres classes d'implantation

Classes utilitaires

- **`Collections`** (avec un *s* final) fournit des méthodes **`static`** pour, en particulier,
  - trier une collection
  - faire des recherches rapides dans une collection triée
- **`Arrays`** fournit des méthodes **`static`** pour, en particulier,
  - trier
  - faire des recherches rapides dans un tableau trié
  - transformer un tableau en liste

Collections du JDK 1.1

- Les classes et interfaces suivantes, fournies par le JDK 1.1,
  - **`Vector`**
  - **`HashTable`**
  - **`Enumeration`**

  existent encore mais il vaut mieux utiliser les nouvelles classes introduites ensuite
- Il est cependant utile de les connaître car elles sont utilisées dans d'autres API du JDK
- Elles ne seront pas étudiées ici en détails

2 exemples d'introduction à l'utilisation des collections et *maps*

Exemple de liste

```
List<String> l = new ArrayList<>();
l.add("Pierre Jacques");
l.add("Pierre Paul");
l.add("Jacques Pierre");
l.add("Paul Jacques");
Collections.sort(l);
System.out.println(l);
```

1ère ligne simplification de

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


Exemple de Map

```
Map<String, Integer> frequences =
  new HashMap<>();
for (String  mot : args) {
  Integer freq = frequences.get(mot);
  if (freq == null)
    freq = 1;
  else
    freq = freq + 1;
  frequences.put(mot, freq);
}
System.out.println(frequences);
```

1ère ligne simplification de

```
... = new HashMap<String, Integer>;
```


Collections et types primitifs

- Les collections de **`java.util`** ne peuvent contenir de valeurs des types primitifs
- Avant le JDK 5, il fallait donc utiliser explicitement les classes enveloppantes des types primitifs, **`Integer`** par exemple
- A partir du JDK 5, les conversions entre les types primitifs et les classes enveloppantes peuvent être implicites avec le « boxing » / « unboxing »

Exemple de liste avec (un)boxing

```
List<Integer> l = new ArrayList<>();
l.add(10);
l.add(-678);
l.add(87);
l.add(7);
int i = l.get(0);
```

Exemple de liste sans (un)boxing

```
List<Integer> l = new ArrayList<>();
l.add(new Integer(10));
l.add(new Integer(-678));
l.add(new Integer(87));
l.add(new Integer(7));
int i = l.get(0).intValue();
```


Interface `Collection<E>`

Définition

- L'interface **`Collection<E>`** correspond à un objet qui contient un groupe d'objets de type **`E`**
- Aucune classe du JDK n'implante *directement* cette interface (les collections vont implanter des sous-interfaces de **`Collection`**, par exemple **`List`**)

Méthodes de `Collection<E>`

renvoie **`true`** si la collection a été modifiée

```
* boolean add(E elt)
* void addAll(Collection<? extends E> c)
* void clear()
boolean contains(Object obj)
boolean containsAll(Collection<?> c)
Iterator<E> iterator()
* boolean remove(Object obj)
* boolean removeAll(Collection<?> c)
* boolean retainAll(Collection<?> c)
int size()
Object[] toArray()
<T> T[] toArray(T[] tableau)
```

étudié plus loin dans le cours

* : méthode optionnelle (pas nécessairement disponible)

Notion de méthode optionnelle

- Il existe de nombreux cas particuliers de collections ; par exemple
  - collections de taille fixe,
  - collections dont on ne peut enlever des objets
- Plutôt que de fournir une interface pour chaque cas particulier, l'API sur les collections comporte la notion de méthode optionnelle

Méthode optionnelle

- Méthode qui peut renvoyer une **`java.lang.UnsupportedOperationException`** (sous-classe de **`RuntimeException`**) dans une classe d'implantation qui ne la supporte pas
- Les méthodes optionnelles renvoient cette exception dans les classes abstraites du paquetage
- Exemple d'utilisation : si on veut écrire une classe pour des listes non modifiables, on ne redéfinit pas les méthodes **`set`**, **`add`** et **`remove`** de la classe abstraite **`AbstractList`**

Constructeurs

- Il n'est pas possible de donner des constructeurs dans une interface mais la convention donnée par les concepteurs des collections est que toute classe d'implantation des collections doit fournir au moins 2 constructeurs :
  - un constructeur sans paramètre
  - un constructeur qui prend une collection d'éléments de type compatible en paramètre (facilite le passage d'un type de collection à l'autre)

Exemple de constructeur

- Un constructeur de **`ArrayList<E>`** :

```
public ArrayList(
     Collection<? extends E> c)
```


Transformation en tableau

- **`toArray()`** renvoie une instance de **`Object[]`** qui contient les éléments de la collection
- Si on veut un tableau d'un autre type, il faut utiliser la méthode paramétrée (voir cours sur la généricité)
  `<T> T[] toArray(T[] tableau)`
  à laquelle on passe un tableau du type voulu
  - si le tableau est assez grand, les éléments de la collection sont rangés dans le tableau
  - sinon, un nouveau tableau du même type est créé pour recevoir les éléments de la collection

Transformation en tableau (2)

- Pour obtenir un tableau de type **`String[]`** (remarquez l'inférence de type ; voir le cours sur la généricité) :

```
String[] tableau =
  collection.toArray(new String[0]);
```

- L'instruction suivante provoquerait une erreur de *cast* (car le tableau renvoyé a été créé par une commande du type **`new Object[n]`**) :

```
String[] tableau =
  (String[]) collection.toArray();
```

Erreur !

- Remarque : si la collection est vide, **`toArray`** renvoie un tableau de taille 0 (pas la valeur **`null`**)

Interface **`Set<E>`**

Définition de l'interface **`Set<E>`**

- Correspond à une collection qui ne contient pas 2 objets égaux au sens de **`equals`** (comme les ensembles des mathématiques)
- On fera attention si on ajoute des objets modifiables : la non duplication d'objets n'est pas assurée dans le cas où on modifie les objets déjà ajoutés

Méthodes de **`Set<E>`**

- Mêmes méthodes que l'interface **`Collection`**
- Mais les « contrats » des méthodes sont adaptés aux ensembles
- Par exemple,
  - la méthode **`add`** n'ajoute pas un élément si un élément égal est déjà dans l'ensemble (la méthode renvoie alors **`false`**)
  - quand on enlève un objet, tout objet égal (au sens de **`equals`**) à l'objet passé en paramètre sera enlevé

Éviter de modifier les objets d'un **`Set`**

- Le comportement du **`Set`** peut être altéré si un objet placé dans un **`Set`** est modifié d'une manière qui affecte la valeur renvoyée par **`equals`**

`SortedSet<E>`

- Un **`Set`** qui ordonne ses éléments
- L'ordre total sur les éléments peut être donné par l'ordre naturel sur **`E`** ou par un comparateur (voir section « Tri et recherche dans une collection » à la fin de ce support)
- Des méthodes sont ajoutées à **`Set`**, liées à l'ordre total utilisé pour ranger les éléments

Méthodes de **`SortedSet`** (1)

- **`E first()`** : 1er élément
- **`E last()`** : dernier élément
- **`Comparator<? super E> comparator()`** : retourne le comparateur (retourne **`null`** si l'ordre naturel sur **`E`** est utilisé)

Méthodes de **`SortedSet`** (2)

- Des méthodes renvoient des vues (**`SortedSet<E>`**) d'une partie de l'ensemble :
- **`subSet(E debut, E fin)`** : éléments compris entre le début (inclus) et la fin (exclue)
- **`headSet(E fin)`** : éléments inférieurs strictement au paramètre
- **`tailSet(E d)`** : éléments qui sont supérieurs ou égaux au paramètre **`d`**

`NavigableSet<E>`

- Cette interface (JDK 6) permet de naviguer dans un **`Set`** à partir d'un de ses éléments, dans l'ordre du **`Set`** ou dans l'ordre inverse
- Par exemple, **`E higher(E e)`** retourne l'élément qui suit le paramètre
- **`subset`** (de **`SortedSet`**) est surchargée pour indiquer si les bornes sont comprises ou non
- Lire la javadoc pour avoir les nombreuses méthodes de cette interface

Implémentation

- Classes qui implémentent cette interface :
  - **`HashSet<E>`** implémente **`Set`** avec une table de hachage ; temps constant pour les opérations de base (**`set`**, **`add`**, **`remove`**, **`size`**)
  - **`TreeSet<E>`** implémente **`NavigableSet`** avec un arbre ordonné ; les éléments sont rangés dans leur ordre naturel (interface **`Comparable<E>`**) ou suivant l'ordre d'un **`Comparator<? super E>`** passé en paramètre du constructeur

Avertissement pour **`HashSet<E>`**

- Attention, les contrats ne fonctionnent avec **`HashSet`** que si les objets placés dans **`HashSet`** respectent la règle (normalement obligatoire pour toutes les classes) « 2 objets égaux au sens de **`equals`** doivent avoir la même valeur pour la méthode **`hashCode`** »
- En effet, cette classe ne vérifie l'égalité que pour les objets qui ont le même *hashCode*

Interface **`List<E>`**

Définition

- L'interface **`List<E>`** correspond à une collection d'objets indexés par des numéros (en commençant par 0)
- Classes qui implantent cette interface :
  - **`ArrayList<E>`**, tableau à taille variable
  - **`LinkedList<E>`**, liste chaînée
- On utilise le plus souvent **`ArrayList`**, sauf si les insertions/suppressions au milieu de la liste sont fréquentes (**`LinkedList`** évite les décalages des valeurs)

Nouvelles méthodes de **`List<E>`**

```
* void add(int indice, E elt)
* boolean addAll(int indice,
                 Collection<? extends E> c)
E get(int indice)
* E set(int indice, E elt)
* E remove(int indice)
int indexOf(Object obj)
int lastIndexOf(Object obj)
ListIterator<E> listIterator()
ListIterator<E> listIterator(int indice)
List<E> subList(int depuis, int jusqua)
```

insertion avec décalage vers la droite

suppression avec décalage vers la gauche

indice du 1er élément égal à **`obj`** (au sens de **`equals`**) (ou -1)

`depuis` inclus, **`jusqua`** exclu

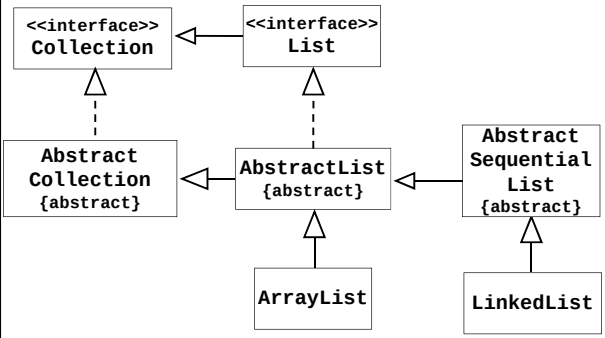
Ne pas oublier !

- Il s'agit ici des *nouvelles* méthodes par rapport à **`Collection`**
- Dans les classes qui implémentent **`List`**, on peut évidemment utiliser toutes les méthodes héritées, en particulier
  - **`remove(Object)`**
  - **`add(E)`**

Attention avec les listes d'entiers !

- Il existe 2 méthodes **`remove`** dans l'interface **`List`** : **`remove(int)`** et **`remove(Object)`**
- Alors, que fait le code **`l.remove(7536)`** si **`l`** est une **`List<Integer>`** ? Est-ce que l'*autoboxing* va s'appliquer ?
- Non, le 7537ème élément est enlevé de la liste
- Pour enlever l'élément 7537 de la liste d'entiers, il faut *caster* explicitement le paramètre : **`l.remove((Integer)7536)`**

Interfaces et classes d'implantation



Classe **`ArrayList<E>`**

Fonctionnalités

- Une instance de la classe **`ArrayList<E>`** est une sorte de tableau qui peut contenir un nombre quelconque d'instances d'une classe E
- Les emplacements sont indexés par des nombres entiers (à partir de 0)

Constructeurs

- **`ArrayList()`**
- **`ArrayList(int taille initiale)`** : peut être utile si on connaît la taille finale ou initiale (après les premiers ajouts) la plus probable car évite les opérations d'augmentation de la taille du tableau sous-jacent
- **`ArrayList(Collection<? extends E> c)`** : pour l'interopérabilité entre les différents types de collections

Méthodes principales

- Aucune des méthodes n'est « **`synchronized`** » (voir cours sur les threads)

```
boolean add(E elt)
void add(int indice, E elt)
boolean contains(Object obj)
E get(int indice)
int indexOf(Object obj)
Iterator<E> iterator()
E remove(int indice)
E set(int indice, E elt)
int size()
```

Exemple d'utilisation de **`ArrayList`**

```
List<Employe> le = new ArrayList<>();
Employe e = new Employe("Dupond");
le.add(e);
// Ajoute d'autres employés
. . .
// Affiche les noms des employés
for (int i = 0; i < le.size(); i++) {
  System.out.println(le.get(i).getNom());
}
```


Interface **`RandomAccess`**

- **`ArrayList`** implante l'interface **`RandomAccess`**
- Cette interface est un marqueur (elle n'a pas de méthode) pour indiquer qu'une classe « liste » permet un accès direct *rapide* à un des éléments de la liste
- **`LinkedList`** n'implante pas **`RandomAccess`**

Itérateurs, interfaces **`Iterator<E>`** et **`Iterable<E>`**

Fonctionnalités

- Un itérateur (instance d'une classe qui implante l'interface **`Iterator<E>`**) permet d'énumérer les éléments contenus dans une collection
- Il encapsule la structure de la collection : on pourrait changer de type de collection (remplacer un **`ArrayList`** par un **`TreeSet`** par exemple) sans avoir à réécrire le code qui utilise l'itérateur
- Toutes les collections ont une méthode **`iterator()`** qui renvoie un itérateur

Méthodes de l'interface **`Iterator<E>`**

```
boolean hasNext()
E next()
* void remove()
```

- **`remove()`** enlève le dernier élément récupéré de la collection que parcourt l'itérateur (elle est optionnelle)

Exceptions lancées par les méthodes des itérateurs

- Ce sont des exceptions non contrôlées
- **`next`** lance **`NoSuchElementException`** lorsqu'il n'y a plus rien à renvoyer
- **`remove`** lance **`NoSuchOperationException`** si la méthode n'est pas implémentée (voir méthodes optionnelles) et lance **`IllegalStateException`** si **`next`** n'a pas été appelée avant ou si **`remove`** a déjà été appelée après le dernier **`next`**

Obtenir un itérateur

- L'interface **`Collection<E>`** contient la méthode **`Iterator<E> iterator()`** qui renvoie un itérateur pour parcourir les éléments de la collection
- L'interface **`List<E>`** contient en plus la méthode **`ListIterator<E> listIterator()`** qui renvoie un **`ListIterator`** (offre plus de possibilités que **`Iterator`** pour parcourir une liste et la modifier)

Exemple d'utilisation de `Iterator`

```
List<Employe> le = new ArrayList<>();
Employe e = new Employe("Dupond");
le.add(e);
// Ajoute d'autres employés dans le
. . .
Iterator<Employe> it = le.iterator();
while (it.hasNext()) {
  // le 1er next() fournit le 1er élément
  System.out.println(it.next().getNom());
}
```


Itérateur et modification de la collection parcourue

- Un appel d'une des méthodes d'un itérateur associé à une collection du JDK lance une **`ConcurrentModificationException`** si la collection a été modifiée directement depuis la création de l'itérateur (directement = sans passer par l'itérateur)

Itérateur et suppression dans la collection parcourue

- L'interface **`Iterator`** fournit la méthode *optionnelle* **`remove()`** qui permet de supprimer le dernier élément retourné par l'itérateur

Itérateur de liste et ajout dans la *liste* parcourue

- Si on veut faire des ajouts dans une liste (pas possible avec une collection qui n'implante pas l'interface **`List`**) pendant qu'elle est parcourue par un itérateur, il faut utiliser la sous-interface **`ListIterator`** de **`Iterator`** (renvoyée par la méthode **`listIterator()`** de **`List`**)
- Cette interface permet
  - de parcourir la liste sous-jacente dans les 2 sens
  - de modifier cette liste (méthodes *optionnelles* **`add`** et **`set`**)

Interface `Iterable<T>`

- Nouvelle interface (depuis JDK 5.0) du paquetage **`java.lang`** qui indique qu'un objet peut être parcouru par un itérateur
- Toute classe qui implémente **`Iterable`** peut être parcourue par une boucle « for each »
- L'interface **`Collection`** en hérite

Définition de **`Iterable<T>`**

```
public interface Iterable<T>  {
  Iterator<T> iterator();
}
```


Boucle « for each »

- Boucle « normale » :

```
for (Iterator<Employe> it =
       coll.iterator();
     it.hasNext(); ) {
  Employe e = it.next();
  String nom = e.getNom();
}
```

- Avec une boucle « for each » :

```
for (Employe e : coll) {
  String nom = e.getNom();
}
```


Syntaxe générale de « for each »

- **`for (`*`Typev v : expression`*`)`**
  `instruction`
- ***`Typev v`*** : déclaration d'une variable
- ***`expression`*** : une expression dont l'évaluation donne un tableau ***`typeT`*****`[]`** ou un objet qui implémente l'interface **`Iterable<E>`**, tel que ***`typeT`*** ou **`E`** est affectable à ***`Typev`***

Restriction de « for each »

- On ne dispose pas de la position dans le tableau ou la collection pendant le parcours
- On ne peut pas modifier la collection pendant qu'on parcourt la boucle (alors que c'est possible par l'intermédiaire de l'itérateur)
- L'utilisation d'une boucle ordinaire avec un itérateur ou un compteur de boucle explicite est indispensable si ces 2 restrictions gênent

Implémentation **`Iterable`**

- Il n'est pas fréquent d'avoir à implémenter **`Iterable`** sur une des classes qu'on a créées
- Voici un exemple d'utilisation : une classe représente un document de type texte et on implémente **`Iterable<String>`** pour permettre du code du type suivant

```
for (String mot : texte) {
  // Traitement du mot
  . . .
}
```


`Queue<E>` et **`Deque<E>`**

- Elles représentent des files d'attentes ordonnées
- Les éléments sont ajoutés et retirés seulement à la fin et au début de la file
- Ces 2 interfaces et les classes qui les implémentent ont été introduites dans le JDK 5

`Queue<E>`

- L'interface **`java.util.Queue<E>`** hérite de **`Collection<E>`** ; elle représente une collection à usage général, le plus souvent une file d'attente (FIFO), mais aussi d'autres types de structures de données
- Le « premier » élément de la queue s'appelle la tête de la queue
- C'est celui qui sera retourné/retiré en premier

`Queue<E>`

- Les éléments sont ajoutés « à la queue » de la liste
- On ne doit pas ajouter d'éléments **`null`**
- Elle peut aussi être utilisée autrement que comme une file d'attente ; cela dépend de l'implémentation de l'ajout des éléments

`Queue<E>`

- Elle contient 2 groupes de méthodes qui exécutent les mêmes opérations de base (ajouter, supprimer, consulter)
- Un groupe, hérité de **`Collection`**, lance une exception en cas de problème (**`add`**, **`remove`**, **`element`**)
- L'autre groupe renvoie une valeur particulière (**`false`** ou **`null`**) dans les mêmes conditions (**`offer`**, **`poll`**, **`peek`**)
- Le développeur choisit ce qu'il préfère

Nouvelles méthodes de `Queue<E>`

- **`boolean offer(E o)`** ajoute un élément dans la queue ; renvoie **`false`** si l'ajout n'a pas été possible
- **`E poll()`** enlève la tête de la queue (et la récupère) ; renvoie **`null`** si queue vide
- **`E peek()`** récupère une référence vers la tête de la queue, sans la retirer ; renvoie **`null`** si queue vide

Implémentations de `Queue<E>`

- Des classes implémentent **`Queue`** :
  - **`LinkedList<E>`**, déjà vu
  - **`PriorityQueue<E>`** : les éléments sont ordonnés automatiquement suivant un ordre naturel ou un **`Comparator`** ; l'élément récupéré en tête de queue est le plus petit
  - d'autres classes et interfaces sont liées aux problèmes de concurrence (multi-threads)
- Pour plus de détails, consultez l'API

Interface **`Deque<E>`**

- Sous interface de **`Queue<E>`**
- Représente une **`Queue`** dont les éléments peuvent être ajoutés « aux 2 bouts » (la tête et la queue de la collection)
- Implémentée par les classes **`ArrayDeque<E>`** (la plus utilisée) et **`LinkedList<E>`**

Interface **`Deque<E>`**

- **`ArrayDeque<E>`** est la classe conseillée pour implémenter une pile LIFO (**`java.util.Stack`** n'est pas conseillé pour les mêmes raisons que **`Vector`**)
- Pour plus de détails, consultez l'API

Interface **`Map<K,V>`**

Problème fréquent

- Il arrive souvent en informatique d'avoir à rechercher des informations en connaissant une clé qui permet de les identifier
- Par exemple, on connaît un nom et on cherche un numéro de téléphone
- ou on connaît un numéro de matricule et on cherche les informations sur l'employé qui a ce matricule

Définition

- L'interface **`Map<K,V>`** correspond à un groupe de couples clé-valeur
- Une clé repère une et une seule valeur
- Dans la map il ne peut exister 2 clés égales au sens de **`equals()`**

Fonctionnalités

- On peut (entre autres)
  - ajouter et enlever des couples clé – valeur
  - récupérer une référence à une des valeurs en donnant sa clé
  - savoir si une table contient une valeur
  - savoir si une table contient une clé

Méthodes de **`Map<K,V>`**

```
* void clear()
boolean containsKey(Object clé)
boolean containsValue(Object valeur)
V get(Object clé)
boolean isEmpty()
Set<K> keySet()
Collection<V> values()
Set<Map.Entry<K,V>> entrySet()
* V put(K clé, V valeur)
* void putAll(Map<? extends K, ? extends V>
  map)
* V remove(Object key)
int size()
```

retourne **`null`** si la clé n'existe pas

retourne l'ancienne valeur associée à la clé si la clé existait déjà

Interface *interne* **`Entry<K,V>`** de **`Map`**

- L'interface **`Map<K,V>`** contient l'interface interne **`public Map.Entry<K,V>`** qui correspond à un couple clé-valeur
- Cette interface contient 3 méthodes
  - **`K getKey()`**
  - **`V getValue()`**
  - **`V setValue(V valeur)`**
- La méthode **`entrySet()`** de **`Map`** renvoie un objet de type « ensemble (**`Set`**) de **`Entry`** »

Constructeurs

- Il n'est pas possible de donner des constructeurs dans une interface ; mais la convention donnée par les concepteurs est que toute classe d'implantation de **`Map`** doit fournir au moins 2 constructeurs :
  - un constructeur sans paramètre
  - un constructeur qui prend une *map* de type compatible en paramètre (facilite l'interopérabilité)

Modification des clés

- La bonne utilisation d'une *map* n'est pas garantie si on modifie les valeurs des clés avec des valeurs qui ne sont pas égales (au sens de **`equals`**) aux anciennes valeurs
- Pour changer une clé, il faut d'abord enlever l'ancienne entrée (avec l'ancienne clé) et ajouter ensuite la nouvelle entrée avec la nouvelle clé et l'ancienne valeur

Récupérer les valeurs d'une **`Map`**

1. On récupère les valeurs sous forme de C**`ollection<V>`** avec la méthode **`values()`** La collection obtenue reflétera les modifications futures de la *map*, et vice-versa
2. On utilise la méthode **`iterator()`** de l'interface **`Collection<V>`** pour récupérer un à un les éléments

Récupérer les clés d'une **`Map`**

1. On récupère les clés sous forme de **`Set<K>`** avec la méthode **`keySet()`** ; l'ensemble obtenu reflétera les modifications futures de la *map*, et vice-versa
2. On utilise alors la méthode **`iterator()`** de l'interface **`Set<K>`** pour récupérer une à une les clés

Récupérer les entrées d'une **`Map`**

1. On récupère les entrées (paires clé-valeur) sous forme de **`Set<Entry<K,V>>`** avec la méthode **`entrySet()`** ; l'ensemble obtenu reflétera les modifications futures de la *map*, et vice-versa
2. On utilise alors la méthode **`iterator()`** de l'interface **`Set<Entry<K,V>>`** pour récupérer une à une les entrées

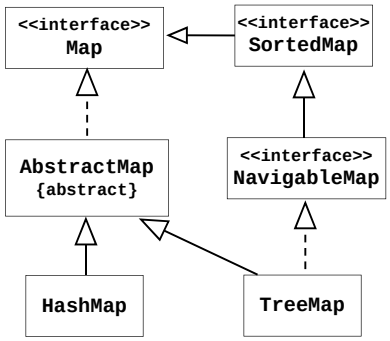
Itérateur et modification de la *map* parcourue

- Un appel d'une des méthodes d'un itérateur associé à une map du JDK lance une exception **`ConcurrentModificationException`** si la map a été modifiée directement depuis la création de l'itérateur
- L'itérateur peut avoir été obtenu par l'intermédiaire des **`Set`** renvoyés par **`keySet()`** ou **`entrySet()`** ou de la **`Collection`** renvoyée par **`values()`**

Itérateur et suppression dans la *map* parcourue

- Pendant qu'une *map* est parcourue par un des itérateurs associés à la *map*
  - On peut supprimer des éléments avec la méthode **`remove()`** de **`Iterator`** (si elle est implantée)
  - On ne peut ajouter des éléments dans la *map*

Interfaces et classes d'implantation



`SortedMap<K,V>`

- **`Map`** qui fournit un ordre total sur ses clés (ordre naturel sur **`K`** ou comparateur associé à la **`Map`**)
- Ajoute à **`Map`** des méthodes pour extraire des sous-map, la 1ère ou la dernière clé (semblable à **`SortedSet`** ; voir javadoc pour plus de détails)

`NavigableMap<K,V>`

- Ajoute des fonctionnalités à un **`SortedMap`**
- Permet de naviguer à partir d'une de ses clés, dans l'ordre du **`Set`** ou dans l'ordre inverse
- Lire la javadoc pour avoir les nombreuses méthodes de cet interface

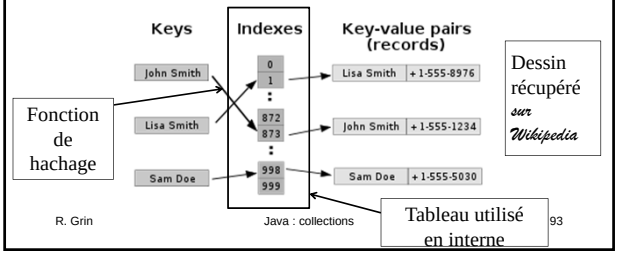
Implémentations

- **`HashMap<K,V>`**, table de hachage ; accès en temps constant
- **`TreeMap<K,V>`**, arbre ordonné suivant les valeurs des clés ; accès en log(n) ; Implémente **`NavigableMap<K,V>`** ; la comparaison utilise l'ordre naturel (interface **`Comparable<? super K>`**) ou une instance de **`Comparator<? super K>`**

Classe **`HashMap<K,V>`**

Table de hachage

- Structure de données qui permet de retrouver très rapidement un objet si on connaît sa clé
- En interne l'accès aux objets utilise un tableau et une fonction de hachage appliquée à la clé



Exemple de fonction de hachage

- Pour un nom,
  100 x longueur + la somme des valeurs des lettres
- toto → 400 + 15 + 20 + 15 + 20 = 470
- Tout anagramme de toto donnera la même valeur ; il existe des techniques pour obtenir de meilleures fonctions de hachage afin de mieux répartir les noms dans les sous-ensembles

Fonction de hachage

- Plusieurs éléments peuvent correspondre à des valeurs identiques de la fonction de hachage
- En cas de trop nombreuses « collisions », les performances peuvent s'en ressentir
- Pour que la recherche soit efficace, le calcul effectué par la fonction de hachage doit répartir les éléments uniformément afin d'éviter que de trop nombreux objets correspondent à une même valeur

Implémentation

- La classe **`HashMap<K,V>`** implémente l'interface **`Map<K,V>`** en utilisant une table de hachage
- La méthode **`hashCode()`** (héritée de **`Object`** ou redéfinie) est utilisée comme fonction de hachage

Erreur à ne pas commettre !

- On a vu que les classes qui redéfinissent **`equals`** doivent redéfinir **`hashcode`**
- Sinon, les objets de ces classes ne pourront être ajoutés à une **`HashMap`** sans problèmes
- Par exemple ces objets ne pourront être retrouvés ou pourront apparaître en plusieurs exemplaires dans la **`HashMap`**

Constructeurs

- **`HashMap()`**
- **`HashMap(int tailleInitiale)`** : idem ArrayList
- **`HashMap(int tailleInitiale, float loadFactor)`** : **`loadFactor`** indique à partir de quel taux de remplissage la taille de la map doit être augmentée (0,75 par défaut convient le plus souvent)
- **`HashMap(Map<? extends K, ? extends V)`** : pour l'interopérabilité entre les maps

Exemple d'utilisation de **`HashMap`**

```
Map<String,Employe> hm = new HashMap<>();
Employe e = new Employe("Dupond");
e.setMatricule("E125");
hm.put(e.getMatricule(), e);
// Crée et ajoute les autres employés dans la table de hachage
. .
Employe e2 = hm.get("E369");
Collection<Employe> elements = hm.values();
for (Employe employe : employes) {
  System.out.println(employe.getNom());
}
```


Utilisation de **`HashMap`**

- Cas où un objet peut avoir un grand nombre de propriétés non connues au moment de la compilation : couleur, taille, poids,...
- On peut ajouter une **`HashMap`** aux variables d'instance de la classe de l'objet
- Les clés de cette **`HashMap`** sont les noms des propriétés et les valeurs sont les valeurs des propriétés

Types « *raw* »

Avant le JDK 5

- Les collections n'étaient pas génériques
- On trouvait les types **`Collection`**, **`List`**, **`ArrayList`**, **`Map`**, **`Iterator`**, etc., appelés type « *raw* » depuis le JDK 5
- Elles pouvaient contenir des objets de n'importe quelle classe
- Les signatures de l'API n'utilisaient que la classe **`Object`** et il fallait souvent *caster* les valeurs retournées si on voulait leur envoyer des messages

Exemple

```
List le = new ArrayList();
Employe e = new Employe("Dupond");
le.add(e);
. . .
for (int i = 0; i < le.size(); i++) {
  System.out.println(
      ((Employe) le.get(i)).getNom());
}
```

Remarquez les parenthèses pour le *cast*

Compatibilité (1)

- Java a toujours permis de faire marcher les anciens codes avec les nouvelles API
- On peut donc utiliser du code écrit avec les types « *raw* » avec le JDK 5

Compatibilité (2)

- Les collections non génériques n'offrent pas le même niveau de sécurité que les nouvelles collections et on reçoit alors des messages d'avertissement du compilateur
- Pour faire disparaître ces messages il suffit d'annoter la méthode avec **`@SuppressWarning("unchecked")`** (à utiliser avec précaution lorsqu'on est certain que le code est correct)

Utilisation des types *raw*

- Il est permis d'utiliser une collection *raw* là où on attend une collection générique, et réciproquement
- Évidemment, il faut l'éviter et ne le faire que pour utiliser un code ancien avec du code écrit avec les collections génériques
- Voir cours sur la généricité

Autres collections

- Les classes suivantes représentent des collections réservées à des usages bien particuliers
- Elles ont été introduites par les JDK 4 et 5

LinkedHashMap<K,V>

- **Map** qui maintient les clés dans l'ordre d'insertion ou de dernière utilisation (ordre choisi en paramètre du constructeur)
- Les performances sont justes un peu moins bonnes que **HashMap** (gestion d'une liste doublement chaînée)
- L'ordre de « la clé la moins récemment utilisée » est pratique pour la gestion des caches

LinkedHashMap<K,V>

- Il est possible de redéfinir une méthode **protected boolean removeEldestEntry(Map.Entry)** dans une classe fille pour indiquer si l'entrée la moins récemment utilisée doit être supprimée de la map quand on ajoute une nouvelle entrée (renvoie **true** si elle doit être supprimée)
- Cette possibilité est utile pour les caches dont la taille est fixe

LinkedHashSet<E>

- **Set** qui maintient les clés dans l'ordre d'insertion
- Les performances sont légèrement moins bonnes que pour un **HashSet**

IdentityHashMap<K,V>

- Cette **Map** ne respecte pas le contrat général de **Map** : 2 clés sont considérées comme égales seulement si elles sont identiques (et pas si elles sont égales au sens de **equals**)
- Elle doit être réservée à des cas particuliers où on veut garder des traces de tous les objets manipulés (sérialisation, objets « proxy », …)

EnumMap

- La classe du paquetage **java.util EnumMap<K extends Enum <K>, V>** hérite de **AbstractMap<K,V**>
- Elle correspond à des *maps* dont les clés sont d'un type énumération
- Les clés gardent l'ordre naturel de l'énumération (l'ordre dans lequel les valeurs de l'énumération ont été données)
- L'implémentation est très compacte et performante

Collections à méthodes bloquantes

- Les collections étudiées jusqu'à maintenant ont leurs méthodes qui retournent immédiatement
- D'autres collections du paquetage **java.util.concurrent** représentent des **Queue** ou **Deque** avec des méthodes pour ajouter ou enlever des éléments qui se bloquent si l'opération n'est pas faisable immédiatement (collection vide ou pleine)

Queue bloquante

- L'interface **`BlockingQueue<E>`** représente les files d'attente bloquantes ; c'est une sous-interface de **`Queue<E>`**
- La méthode **`put(e)`** (resp. **`take()`**) ajoute (resp. lit et supprime) un élement ; elle bloque si la collection est pleine (resp. vide)
- Des surcharge de **`offer`** et **`poll`** fixent un temps maximum d'attente

Queue bloquante

- Elle est implémentée par les classes **`ArrayblockingQueue`** (la plus utilisée), **`LinkedBlockingQueue`**, et les 2 classes à usage spécial (voir javadoc pour plus de précisions) **`DelayQueue`**, **`SynchronousQueue`**

Deque bloquante

- La sous-interface **`BlockingDeQue`** de **`BlockingQueue`** représente les **`Deque`** bloquantes
- Elle est implémentée par la classe **`LinkedBlockingDeQue`**

Collections pour les accès concurrents

- D'autres collections du paquetage **`java.util.concurrent`** sont spécialement étudiées pour être accessibles par des accès concurrents
- Elle peuvent avoir des performances plus mauvaises dans certaines conditions (voir javadoc) et sont réservées à un usage particulier

Collections pour les accès concurrents

- **`CopyOnWriteArrayList`** et **`CopyOnWriteArraySet`** permettent l'utilisation d'un itérateur en // à la modification de la collection
- **`ConcurrentSkipListSet`** (s'appuie sur la théorie des « *skiplists* »), **`ConcurrentLinkedQueue`** ne bloquent pas les threads qui les utilisent

Principes généraux sur les déclarations de types pour favoriser la réutilisation

Principe général pour la réutilisation

- Le code doit fournir ses services au plus grand nombre possible de clients
- Les conditions d'utilisation des méthodes doivent être les moins contraignantes possible
- Ce principe et ce qui suit dans cette section est valable pour toute API (pas seulement pour l'API des collections)

Principe général pour la réutilisation

- Donc, si possible,
  - pour les types des paramètres, des interfaces les plus générales et qui correspondent au strict nécessaire pour que la méthode fonctionne
  - pour les types retour, des classes ou interfaces les plus spécifiques possible (dont les instances offrent le plus de services) ; mais il faut penser aussi à l'encapsulation

- Pour favoriser l'adaptation/extensibilité du code, il faut aussi déclarer les variables du type le plus général possible, compte tenu de ce qu'on veut en faire (des messages échangés entre les objets)
- Cette section étudie l'application de ces principes avec les collections, mais ils sont valables pour n'importe quel code

Paramètres des méthodes

- Quand on écrit une méthode, il vaut mieux déclarer les paramètres du type interface le plus général possible et éviter les types des classes d'implémentation :
  - **`m(Collection)`** plutôt que **`m(List)`** (quand c'est possible)
  - éviter **`m(ArrayList)`**
- On élargit ainsi le champ d'utilisation de la méthode

Type retour des méthodes (1)

- On peut déclarer le type retour du type le plus spécifique possible **si ce type ajoute des fonctionnalités** (mais voir transparent suivant) : « **`List m()`** » plutôt que « **`Collection m()`** »
- L'utilisateur de la méthode
  - pourra ainsi profiter de toutes les fonctionnalités offertes par le type de l'objet retourné
  - mais rien ne l'empêchera de faire un « *upcast* » avec l'objet retourné : **`Collection l = m(...)`**

Type retour des méthodes (2)

- On doit être certain que l'instance retournée par la méthode sera toujours bien du type déclaré durant l'existence de la classe
- En effet, si on déclare que le type retour est de type **`List`** mais qu'on souhaite plus tard renvoyer un **`Set`**, ça posera des problèmes de maintenance (que l'on n'aurait pas eu si on avait déclaré **`Collection`** comme type retour)

Variables

- Déclaration d'une collection (ou *map*) : on crée le type de collection qui convient le mieux à la situation, mais on déclare cette collection du type d'une interface :

```
List<Employe> employes =
  new ArrayList<>();
```

- On se laisse ainsi la possibilité de changer d'implémentation ailleurs dans le code :

```
employes = new LinkedList<>();
```


Conclusion

- Le plus souvent, les types déclarés des variables, des paramètres ou des valeurs retour doivent être des **interfaces**, les moins spécifiques possible, sauf pour les valeurs de retour

Compatibilité avec les classes fournies par le JDK 1.1

Classes du JDK 1.1

- Dans les API du JDK 1.1, on utilisait
  - la classe **`Vector`** pour avoir un tableau de taille variable (remplacée par **`ArrayList`**)
  - la classe **`Hashtable`** pour avoir un ensemble d'objets indexé par des clés (remplacée par **`HashMap`**)
  - l'interface **`Enumeration`** pour avoir une énumération des objets contenus dans une collection (remplacée par **`Iterator`**)

Classes du JDK 1.1

- Les noms des méthodes sont semblables aux noms des méthodes de **`Collection`**, **`Map`** et **`Iterator`**, en plus long
- Depuis le JDK 5 ces classes sont génériques ; les exemples qui suivent utilisent les versions antérieures au JDK 5

Déconseillées

- Elles offrent moins de possibilités que les nouvelles classes
- **`Vector`** et **`HashTable`** ont de nombreuses méthodes *synchronized* qui n'offrent pas de bonnes performances
- Il est donc conseillé de travailler avec les nouvelles classes
- Cependant beaucoup d'anciens codes utilisent ces classes et il faut donc les connaître

Exemple d'utilisation de **`Vector`**

```
Vector v = new Vector();
Employe e = new Employe("Dupond");
v.addElement(e);
. . .
for (int i = 0; i < v.size(); i++) {
  System.out.println(
      ((Employe)v.elementAt(i)).getNom());
}
```


Exemple d'utilisation de **`Enumeration`**

```
Vector v = new Vector();
Employe e = new Employe("Dupond");
v.addElement(e);
. . . // ajoute d'autres employés dans v
Enumeration enum = v.elements();
for ( ; enum.hasMoreElements(); ) {
  System.out.println(
    ((Employe)enum.nextElement()).getNom());
}
```


Exemple d'utilisation de **`HashTable`**

```
Hashtable ht = new Hashtable();
Employe e = new Employe("Dupond");
e.setMatricule("E125");
ht.put(e.matricule, e);
... // crée et ajoute les autres employés dans la table de hachage
Employe e2 = (Employe)ht.get("E369");
Enumeration enum = ht.elements();
for ( ; enum.hasMoreElements() ; ) {
  System.out.println(
     ((Employe)enum.nextElement()).getNom());
}
```


Tri et recherche dans une collection

Classe **`Collections`**

- Cette classe ne contient que des méthodes **`static`**, utilitaires pour travailler avec des collections :
  - tris (sur listes)
  - recherches (sur listes triées)
  - copies
  - synchronisation
  - minimum et maximum
  - ...

Trier une liste

- Si **`l`** est une liste, on peut trier **`l`** par :
  `Collections.sort(l);`
- Cette méthode ne renvoie rien ; elle trie **`l`**
- Pour que cela compile, les éléments de la liste doivent implémenter l'interface **`java.lang.Comparable<T>`** pour un type **`T`** ancêtre du type **`E`** de la collection

Interface **`Comparable<T>`**

- Cette interface correspond à l'implantation d'un ordre naturel dans les instances d'une classe
- Elle ne contient qu'une seule méthode : **`int compareTo(T t)`**
- Cette méthode renvoie
  - un entier positif si l'objet qui reçoit le message est plus grand que **`t`**
  - 0 si les 2 objets ont la même valeur
  - un entier négatif si l'objet qui reçoit le message est plus petit que **`t`**

Interface **`Comparable`** (2)

- Toutes les classes du JDK qui enveloppent les types primitifs (**`Integer`** par exemple) implantent l'interface **`Comparable`**
- Il en est de même pour les classes du JDK **`String`**, **`Date`**, **`Calendar`**, **`BigInteger`**, **`BigDecimal`**, **`File`**, **`Enum`** et quelques autres (mais pas **`StringBuffer`** ou **`StringBuilder`**)
- Par exemple, **`String`** implémente **`Comparable<String>`**

Interface **`Comparable`** (3)

- Il est fortement conseillé d'avoir une méthode **`compareTo`** compatible avec **`equals`** : **`e1.compareTo(e2) == 0`** *ssi* **`e1.equals(e2)`**
- Sinon, les contrats des méthodes de modification des **`SortedSet`** et **`SortedMap`** risquent de ne pas être remplis si elles utilisent l'ordre naturel induit par cette méthode
- **`compareTo`** lance une **`NullPointerException`** si l'objet passé en paramètre est **`null`**

Exercice sur la généricité

- La méthode **`sort`** est une méthode paramétrée
- Sa signature peut être un bon exercice pour tester ses connaissances de la généricité :

```
<T extends Comparable<? super T>>
void sort(List<T> liste)
```

- L'idée : si on peut comparer les éléments d'une classe, on peut comparer ceux des classes filles

Question

- Que faire
  - si les éléments de la liste n'implantent pas l'interface **`Comparable`**,
  - ou si on ne veut pas les trier suivant l'ordre donné par **`Comparable`** ?

Réponse

1. on construit un objet qui sait comparer 2 éléments de la collection (interface **`java.util.Comparator<T>`**)
2. on passe cet objet en paramètre à la méthode **`sort`**

Interface **`Comparator<T>`**

- Elle comporte une seule méthode :
  `int compare(T t1, T t2)`
  qui doit renvoyer
  - un entier positif si **`t1`** est « plus grand » que **`t2`**
  - 0 si **`t1`** a la même valeur (au sens de **`equals`**) que **`t2`**
  - un entier négatif si **`t1`** est « plus petit » que **`t2`**

`Comparator<T>` et **`equals`**

- **Attention**, il est conseillé d'avoir une méthode **`compare`** compatible avec **`equals`** : **`compare(t1, t2) == 0`** *ssi* **`t1.equals(t2)`**
- Sinon, les contrats des méthodes de modification des **`SortedSet`** et **`SortedMap`** risquent de ne pas être remplis si elles utilisent ce comparateur, ce qui impliquera des anomalies dans les ajouts d'éléments

Exemple de comparateur

```
public class CompareSalaire
    implements Comparator<Employe> {
  public int compare(Employe e1, Employe e2) {
    double s1 = e1.getSalaire();
    double s2 = e2.getSalaire();
    if (s1 > s2)
      return +1;
    else if (s1 < s2)
      return –1;
    else
      return 0;
  }
}
```


Utilisation d'un comparateur

```
List<Employe> employes =
  new ArrayList<>();
// On ajoute les employés
. . .
Collections.sort(employes,
                 new CompareSalaire());
System.out.println(employes);
```


Signature de la méthode pour trier avec un comparateur

- ```
  public static <T>
  void sort(List<T> list,
            Comparator<? super T> c)
  ```
- Exercice pour tester ses connaissances sur la généricité !

Recherche dichotomique

- Une grande partie des méthodes de la classe Collection sont des méthodes génériques
- Si la liste l est triée par l'ordre naturel de ses éléments (**`Comparable`**), la méthode suivante retourne l'indice de **`elt`** dans la liste
- ```
  <T> int binarySearch(
    List<? extends Comparable<? super T>> l,
    T elt)
  ```
- Si **`elt`** n'est pas dans la liste, retourne -p -1 où p est le point d'insertion éventuel de **`elt`** dans la liste

Recherche dichotomique (2)

- Si la liste l est triée par l'ordre donné par un comparateur (**`Comparator`**), il faut utiliser la méthode suivante en passant le comparateur en 3ème paramètre

```
<T> int binarySearch(
  List<? extends T> l,
  T elt,
  Comparator <? super T> c)
```


Classe **`Arrays`**

- Elle contient des méthodes **`static`** utilitaires pour travailler avec des tableaux d'objets ou de types primitifs (les méthodes sont surchargées pour tous les types primitifs) ; cette classe est étudiée plus en détails dans le cours « Java de base (2ème partie) »

Méthodes de la classe **`Arrays`**

- Trier : **`sort`**
- Chercher dans un tableau trié : **`binarySearch`**
- Comparer 2 tableaux : **`equals`** et **`deepEquals`**
- Représenter un tableau sous forme de **`String`** : **`toString`**.
- Remplir un tableau avec des valeurs : **`fill`**
- Copier un tableau (depuis 1.6) : **`copyOf`**
- Rappel : **`System.arraycopy`** permet de copier les éléments d'un tableau dans un tableau existant

Pas redéfinition des Méthodes de **`Object`** !

Accès concurrents aux collections - Synchronisation

Synchronisation

- Si une collection peut être utilisée en même temps par plusieurs *threads*, la modification simultanée de ses éléments peut provoquer des problèmes
- Des méthodes de la classe **`Collections`** créent une collection synchronisée à partir d'une collection
- Quand une collection est synchronisée, les *threads* ne peuvent modifier la collection en même temps ; ils doivent le faire l'un après l'autre

Exemple de synchronisation

- Exemple de création d'une liste qui peut être utilisée sans danger par plusieurs *threads* :

```
List<String> listeS =
  Collections.synchronizedList(liste);
```

- Remarques :
  - il ne faut plus passer par liste pour effectuer des modifications
  - il faut synchroniser tout parcours de la liste
  - toute la collection est verrouillée à chaque accès. Ça n'est donc pas très performant

Collections synchronisées du JDK 5

- Le paquetage **`java.util.concurrent`** du JDK 5 fournit des collections synchronisées (classes qui implémentent les interfaces **`BlockingQueue`** ou **`ConcurrentMap`**) et d'autres adaptées pour des modifications par des threads (**`CopyOnWriteArrayList`**, **`CopyOnWriteArraySet`**)
- Elles sont plus performantes que les collections synchronisées par **`Collections`**

Écrire ses propres classes de collections

Utiliser les classes abstraites

- Il est rare d'avoir à écrire ses propres classes de collections
- Le plus souvent on ne part pas de zéro
- Il suffit d'implémenter les méthodes abstraites des classes abstraites fournies avec l'API : **`AbstractList`**, **`AbstractSet`**, **`AbstractMap`**, **`AbstractQueue`**, **`AbstractSequentialList`**, **`AbstractCollection`**

Redéfinir quelques méthodes

- Si la collection est modifiable il faut aussi redéfinir quelques méthodes : **`set`**, **`add`**,… qui sinon renvoient une **`UnsupportedOperationException`**
- Pour des raisons de performances on peut aussi avoir à redéfinir d'autres méthodes (voir l'API pour une description de l'implémentation des méthodes des classes abstraites)

L'agrégation en notation UML