Cours 5 : Les collections

Cours 5 : Les collections

Structures de données

- En Java, 3 sortes de structures de données :

Structures de données

- En Java, 3 sortes de structures de données :
  - Les **tableaux**
    - Taille fixe, accès direct aux éléments.

Structures de données

- En Java, 3 sortes de structures de données :
  - Les **tableaux**
    - Taille fixe, accès direct aux éléments.
  - Les **collections**
    - Structure modifiable, différent algorithmes de stockage.

Structures de données

- En Java, 3 sortes de structures de données :
  - Les **tableaux**
    - Taille fixe, accès direct aux éléments.
  - Les **collections**
    - Structure modifiable, différent algorithmes de stockage.
  - Les **Maps**
    - Structure modifiable, stockage de couples CLEF $\rightarrow$ VALEUR.

Contrats

- Les algorithmes existant sur les collections supposent que les objets stockés respectent un certain **contrat**.
- Il faut implémenter correctement `equals`, `hashCode`, `compareTo`...
- Sinon, n'importe quoi et/ou exceptions !

Cours 5 : Les collections

Tableaux

- Taille fixe définie à l'initialisation.
- Toujours mutable.

Arrays

- Classe `Arrays` (avec un s).
- Méthodes statiques utilitaires sur les tableaux.
  - Remplissage (`fill`).
  - Tri, égalité, recherche binaire.
  - Conversion en liste, toString...

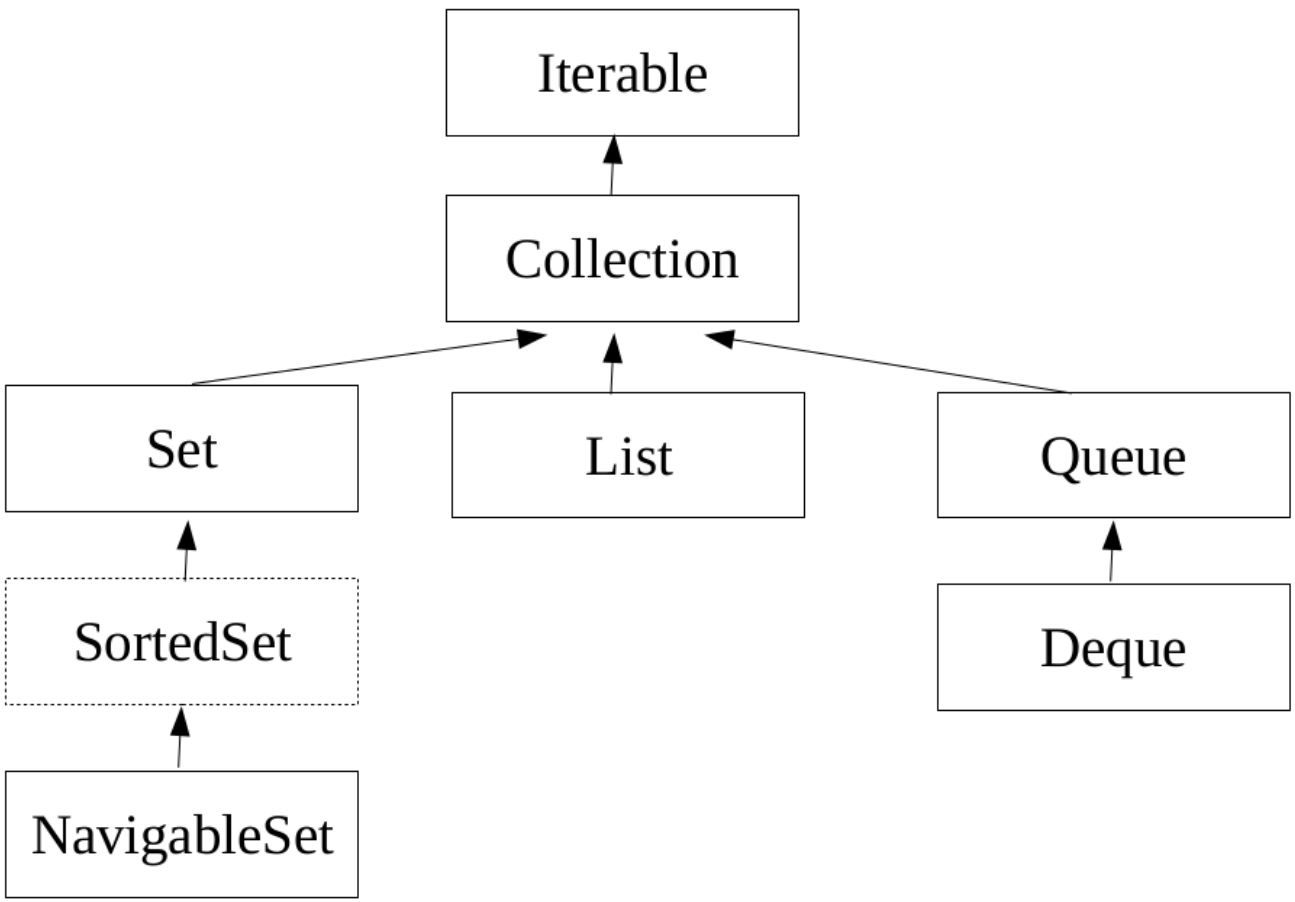
Utilisation

- Rarement utilisé dans du code utilisateur.
  - Doit connaitre la taille à l'avance.
  - Problématique avec les types paramétrés.
- Tableaux essentiellement utiles pour écrire sa propre structure de données.
- Ou pour les types primitifs si soucis de performance (pour éviter le wrapping).

Cours 5 : Les collections

Collections

- Hiérarchie d'interfaces.
- Permet de prendre en paramètre ou en type de retour une collection d'objets **sans préciser comment ils sont stockés en mémoire**.



Collections - Définitions abstraites

- **Collection** : ensemble de données.
- **Set** : ensemble de données **sans doublon**.
- **SortedSet** : ensemble de données sans doublon et **trié**.
- **NavigableSet** : ensemble de données sans doublon, trié et **avec précédent/suivant**.
- **List** : liste indexée ou séquentielle.
- **Queue** : file (FIFO).
- **Deque** : queue avec IO sur chaque côté.

Collections paramétrées

- Les collections sont **homogènes** : contiennent des éléments qui ont le **même type** (mais pas forcement la même classe).
- Les collections sont donc **paramétrées** par une variable de type, souvent nommée `E` (pour Element).
- Si on veut stocker des éléments de type différent, on utilise le super-type commun (au pire, Object donc).

Interface Collection

- Interface parente des collections (pas des Maps !).
  - Méthodes d'ajout d'un ou plusieurs objets.
  - Test d'appartenance.
  - Suppression.
  - Conversion en tableau.
  - Taille.
  - Demande d'itérateur.
- **Complexité variable** selon le type de collection !
- Certaines opérations sont optionnelles (`UnsupportedOperationException` levée).

Mutabilité

- Les collections sont mutables par défaut.
  - `add(E)`, `remove(Object)`, `removeIf`, `clear`.
- Les opérations de mutation peuvent lever des `UnsupportedOperationException` pour représenter des **collections non-mutables**.
- **Vue** via `Collections.unmodifiableCollection()`
  - Par ex., plutôt que renvoyer une copie défensive, faire une vue non modifiable

```
1    List<String> list = new ArrayList<>() ;
2    List<String> list2 = Collections.unmodifiableList(list) ;
3    list2.add("hello") ; // UnsupportedOperationException
4    list.add("hello") ; // ok
5    list.add("hello2") ;
6    list2.size() ; // 2 : c'est une vue !
```

Recherche

- On recherche un élément dans une collection via `boolean contains(Object)`.
- Complexité ?

Recherche

- On recherche un élément dans une collection via `boolean contains(Object)`.
- Complexité ?
- Dépend de la structure de données !
  - HashSet en $O(1)$.
  - TreeSet en $O(\ln n)$.
  - ArrayList en $O(n)$.

Object

- Pourquoi dans la JDK pour `Set` ou `List` on a par exemple :
  - `boolean contains(Object o)`
  - `boolean remove(Object o)`

  et pas des `E` ?

Object

- Pourquoi dans la JDK pour `Set` ou `List` on a par exemple :
  - `boolean contains(Object o)`
  - `boolean remove(Object o)`

  et pas des `E` ?

- `contains` et `remove` utilisent `equals`.
- `equals` peut renvoyer `true` pour des types différents
  - Par ex., une `ArrayList` et une `LinkedList` peuvent avoir **le même contenu** (et `equals` renvoie `true`) et pourtant de type différent !

Object

```
1   LinkedList<Integer> ll = new LinkedList<>() ;
2   ll.add(1) ;
3
4   ArrayList<Integer> al = new ArrayList<>() ;
5   al.add(1) ;
6
7   System.out.println(ll.equals(al)) ; //true
8
9   Set<LinkedList<Integer>> s = new HashSet<>() ;
10  s.add(ll) ;
11  //s.add(al) ; //compile pas
12
13  System.out.println(s.contains(al)) ; //true
```

List

- Liste d'éléments indexé conservant l'ordre d'insertion.
  - Type les noms des majors de promo chaque année.
- Des méthodes supplémentaires par rapport à Collection :
  - `E get(int index), E set(int index, E e)`
  - `int indexOf(E e), int lastIndexOf(E e)`
  - `void sort(Comparator< ? super E>)` (Java 8).

List

- Implémentations :
  - `ArrayList` : **tableau dynamique**. Ajout fin en $O(1)$, début en $O(n)$, accès en $O(1)$.
    - Tableau avec taille initiale (10) puis agrandit au besoin.
  - `LinkedList` : **liste doublement chainée**. Ajout fin/début en $O(1)$, accès en $O(n)$.
    - Utilise plus de mémoire. Temps de parcours plus long.
- Interface `List` dangereuse niveau complexité ! !

List init

Depuis Java 9, possibilité de créer des listes **non mutables** plus facilement avec `List.of()`

```
1 List<String> l = List.of("salut", "c'est", "cool");
```

List init

Depuis Java 9, possibilité de créer des listes **non mutables** plus facilement avec `List.of()`

```
1 List<String> l = List.of("salut", "c'est", "cool") ;
```

Identique à

```
1 List<String> l = Arrays.asList("salut", "c'est", "cool") ;
2 l = Collections.unmodifiableList(l) ;
```

List

```
1  private static int sum(List<Integer> l) {
2    int sum = 0 ;
3    for(int i=0  ; i < l.size()  ; ++i) {
4      sum += l.get(i) ;
5    }
6    return sum ;
7  }
```

- Problème ?

List

```
1  private static int sum(List<Integer> l) {
2    int sum = 0 ;
3    for(int i=0  ; i < l.size()  ; ++i) {
4      sum += l.get(i) ;
5    }
6    return sum ;
7  }
```

- Problème ?
- Oui si c'est une LinkedList ! Parcours en $O(n^2)$!
- Comment faire ?

List

```
1  private static int sum(List<Integer> l) {
2    int sum = 0 ;
3    for(int i=0  ; i < l.size()  ; ++i) {
4      sum += l.get(i) ;
5    }
6    return sum ;
7  }
```

- Problème ?
- Oui si c'est une LinkedList ! Parcours en $O(n^2)$!
- Comment faire ?
- Foreach, qui utilise un iterator (plus de détails plus tard).

Set

- Représente un ensemble d'éléments **sans doublon**.
- Différentes implémentations :
  - `HashSet` : **Table de hachage**, ensemble sans ordre, add/remove en $O(1)$.
    - Attention au hashCode/equals !
    - Grossit en fonction du remplissage (défaut 75%).
  - `TreeSet` : **Arbre rouge/noir**, ordre selon un comparateur, add/remove en $O(\ln n)$.
  - `LinkedHashSet` : **Table de hachage+liste chainée** sur les entrées, préserve l'ordre d'insertion, add/remove en $O(1)$. Évite le chaos sur l'ordre d'HashSet sans le coût supplémentaire de TreeSet.
    - Plus de mémoire utilisé que HashSet.

Set

- Représente un ensemble d'éléments **sans doublon**.
- Différentes implémentations :
  - `HashSet` : **Table de hachage**, ensemble sans ordre, add/remove en $O(1)$.
    - Attention au hashCode/equals !
    - Grossit en fonction du remplissage (défaut 75%).
  - `TreeSet` : **Arbre rouge/noir**, ordre selon un comparateur, add/remove en $O(\ln n)$.
  - `LinkedHashSet` : **Table de hachage+liste chainée** sur les entrées, préserve l'ordre d'insertion, add/remove en $O(1)$. Évite le chaos sur l'ordre d'HashSet sans le coût supplémentaire de TreeSet.
    - Plus de mémoire utilisé que HashSet.
- Objet algorithmique complexe.
- Choisir avec soin l'implémentation (et la comprendre...).

Set

- Exemple : éviter les doublons sur la ligne de commande.
- add renvoie faux si l'élément est déjà présent.

```
1  public static void main(String[] args) {
2    HashSet<String> set = new HashSet<>() ;
3    for(String arg : args) {
4      if ( !set.add(arg)) {
5        System.err.println("argument " + arg + " specified twice") ;
6        return ;
7      }
8    }
9  }
```

Set - complexités

- Parcours classé par ordre de vitesse pour beaucoup d'éléments.

	size	clear	add	remove	contains	parcours
HashSet	O(1)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)	3
LinkedHashSet	O(1)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)	1
TreeSet	O(1)	O(1)	O(ln n)	O(ln n)	O(ln n)	2

Files / Queues

- Interface `Queue` (Java 5).
- FIFO : insertion en fin, suppression en début.

Deque

- Depuis Java 6.
- Hérite de `Queue`.
- Interface pour piles/files.
- Insertion en début ou fin.
- Suppression en début ou fin.

Queue et Deque - méthodes

- Des méthodes différentes selon 2 sémantiques :
  - Lever une exception si vide ou plein.
  - Valeur de retour null/faux si vide ou plein.

Queue et Deque - méthodes

- Des méthodes différentes selon 2 sémantiques :
  - Lever une exception si vide ou plein.
  - Valeur de retour null/faux si vide ou plein.
- Demander un élément sans le retirer :
  - `peek()` ou `element()` et `getFirst()` ou `peekFirst()`.
- Ajouter en queue :
  - `add(e)` ou `offer(e)` et `addLast(e)` ou `offerLast()`.
- Retirer en tête :
  - `remove()` ou `poll()` et `removeFirst()` ou `pollFirst()`

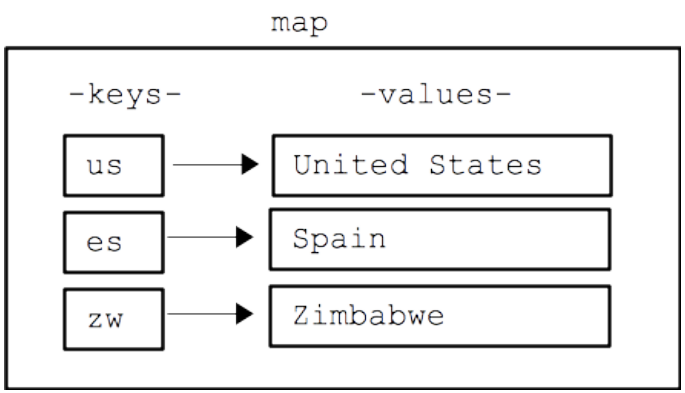
Queue/Deque - Implémentations

- `PriorityQueue` (Queue).
  - ABR codé dans un tableau.
  - Ordre entre éléments ($O(\ln n)$ pour poll et offer).
- `ConcurrentLinkedQueue` (Queue).
  - Autorise les accès concurrents.
- `LinkedList` (Queue et Deque).
- `ArrayDeque` (Deque).

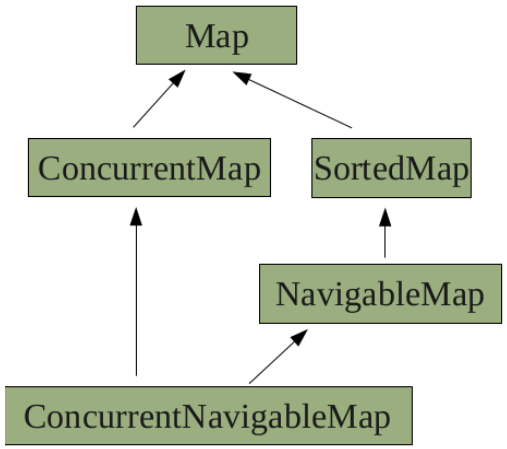
Cours 5 : Les collections

Map

- Aussi appelé “table associative”, “dictionnaire”...
- Deux éléments :
  - Un élément clef.
  - Un élément valeur.
- **Pas de doublon** sur les clefs.
- **Doublon possible** sur les valeurs.



Maps - Définitions abstraites



- Map : association sans relation d'ordre.
- SortedMap : association avec **clefs triées**.
- NavigableMap : association avec clefs triées et **suivant/precedent**.
- ConcurrentMap : association avec accès concurrent.

Map - méthodes

- `V put(K,V)` : insère un couple clef/valeur, supprime le couple précédent avec la même clef, renvoie l'ancienne valeur ou null.
  - `V putIfAbsent(K,V)` : n'ajoute pas si le couple existe déjà (Java 8).
- `V get(Object key)` : renvoie la valeur correspondant à la clef ou null si pas de couple correspondant à la clef.
  - Prend un `Object` car uniquement selon le `equals`
  - `V getOrDefault(Object key, V defaultvalue)` : renvoie une valeur par défaut plutôt que null (Java 8).
- Faisable en groupé (putAll, replaceAll).

Implémentations

- `HashMap` : **table de hachage** sur les clefs
  - Pas d'ordre sur les couples
  - Accès/ajout/suppression en $O(1)$
- `LinkedHashMap` : **Table de hachage sur les clefs + liste doublement chainée**
  - Couples ordonnés par ordre d'insertion
  - Accès/ajout/suppression en $O(1)$
- `TreeMap` : **arbre rouge/noir**
  - Couples triés suivant un ordre de comparaison donné
  - Accès/insertion/suppression en $O(\ln n)$

Exemple

```
1  private static Map<String,String> map = new HashMap<>() ;
2  static {
3    map.put("France","Paris") ;
4    map.put("Allemagne","Berlin") ;
5  }
6  static String getCapital(String country) {
7    String resp = map.get(country) ;
8    if (resp==null)
9      throw new UnknownCountryException(country) ;
10   return resp ;
11 }
12 static void listKnownCapital() {
13   Set<Map.Entry<String,String>> entries = map.entrySet() ;
14   for(Map.Entry<String,String> entry :entries) {
15     System.out.println(entry.getKey()+ " has for capital "+ entry.getValue()) ;
16   }
17 }
```

Cours 5 : Les collections

Iterator

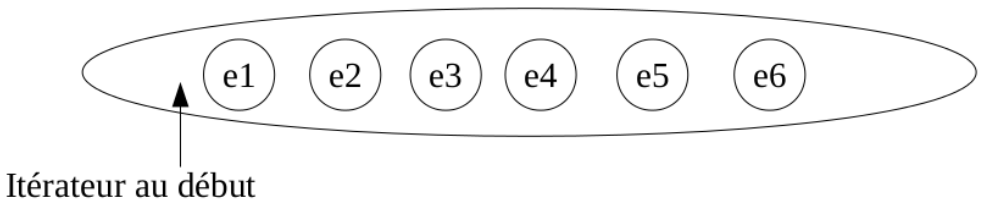
- Interface `Collection` a une méthode :
  - `Iterator<E> iterator()`
- Renvoie un objet qui implémente l'interface `Iterator`.
- Sorte de curseur pour **parcourir une collection élément par élément**.

Iterator

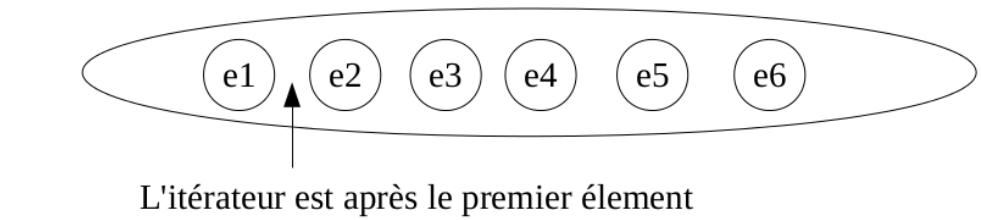
- Interface `Collection` a une méthode :
  - `Iterator<E> iterator()`
- Renvoie un objet qui implémente l'interface `Iterator`.
- Sorte de curseur pour **parcourir une collection élément par élément**.
- Permet de parcourir les éléments de la collection :
  - `boolean hasNext()` : reste des élements à parcourir ?
  - `Object next()` : retourne l'élément suivant de la liste (et avance). (Exception si pas d'elt).
  - `void remove()` : supprime de la collection le dernier élément envoyé par next (donc pas possible de faire 2 remove de suite sans next entre).

Iterator - utilisation

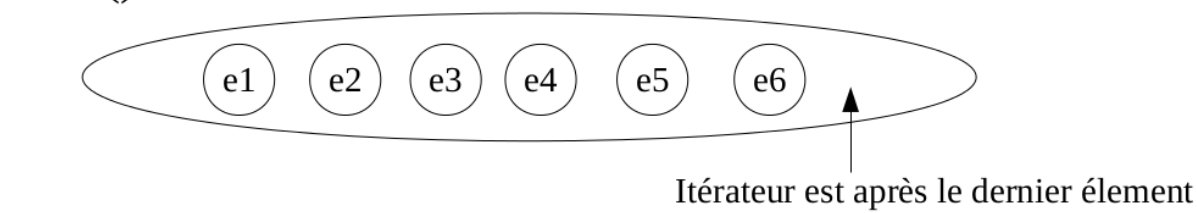
A la création :



Après un appel à iterator.next() :



Si hasNext() renvoie false :



Iterator - utilisation

- Plus efficace pour parcourir une collection sans accès direct !

```
1  private static int sum3(List<Integer> l) {
2    int sum=0 ;
3    Iterator<Integer> it = l.iterator() ;
4    while(it.hasNext()) {
5      sum += it.next() ;
6    }
7    return sum ;
8  }
```

Iterator - suppression

```
1    LinkedList<String> l = ...
2    for(String s  : l) {
3      if(s.length() % 2 == 0){
4        l.remove(s) ;
5      }
6    }
```

OK ?

Iterator - suppression

```
1    LinkedList<String> l = ...
2    for(String s  : l) {
3      if(s.length() % 2 == 0){
4        l.remove(s) ;
5      }
6    }
```

OK ?

- Marche pas ! Et mauvaise complexité !

```
1    LinkedList<String> l = ...
2    Iterator<String> it = l.iterator() ;
3    while(it.hasNext()) {
4      String s = it.next() ;
5      if(s.length()%2 == 0) {
6        it.remove() ;
7      }
8    }
```

Mieux

Iterator - suppression

```
1    LinkedList<String> l = ...
2    for(String s  : l) {
3      if(s.length() % 2 == 0){
4        l.remove(s) ;
5      }
6    }
```

OK ?

- Marche pas ! Et mauvaise complexité !

```
1    LinkedList<String> l = ...
2    Iterator<String> it = l.iterator() ;
3    while(it.hasNext()) {
4      String s = it.next() ;
5      if(s.length()%2 == 0) {
6        it.remove() ;
7      }
8    }
```

Mieux

- Autre version avec java 8, `removeIf` et les lambdas...

Iterable

- Si une classe implémente l'interface `Iterable` : elle est capable de fournir un `Iterator`.
- `Collection` implémente `Iterable`.
- Les éléments `Iterable` (et les tableaux) peuvent être utilisés dans un foreach.

Iterable

```
1  public class Firm {
2    private final LinkedList<Employee> employees = new LinkedList<>() ;
3
4    public static void main(String[] args) {
5      Firm f = new Firm() ;
6      for(Employee e  : f) { //impossible
7        System.out.println(e) ;
8      }
9    }
10 }
```

Iterable

```java
public class Firm {
  private final LinkedList<Employee> employees = new LinkedList<>() ;

  public static void main(String[] args) {
    Firm f = new Firm() ;
    for(Employee e  : f) { //impossible
      System.out.println(e) ;
    }
  }
}
```

```java
public class Firm implements Iterable<Employee>{
  private final LinkedList<Employee> employees = new LinkedList<>() ;

  @Override
  public Iterator<Employee> iterator() {
    return employees.iterator() ;
  }
  public static void main(String[] args) {
    Firm f = new Firm() ;
    for(Employee e  : f) { //ok  !
      System.out.println(e) ;
    }
  }
}
```

ListIterator

- Version spécialisée d'`Iterator` (en hérite).
- Ajoute les méthodes `add` (avant le curseur) et `set` (du dernier next),
- et le parcours à l'envers `hasPrevious() previous()`.

```
1    ListIterator<String> li = l.listIterator(l.size()) ; //demarre àla fin
2    while(li.hasPrevious()) {
3      String s = li.previous() ;
4    }
```

Cours 5 : Les collections

Ponts

- Deux types de méthodes de conversions :
  - **Copier** les données d'une structure vers une autre.
  - **Voir** une structure comme une autre.
    - Les données restent dans la structure initiale et sont **vues** dans la nouvelle structure.

Ponts via copie

- De **collections** vers **tableaux** :
  - `Object[] toArray()` dans l'interface `Collection`.
- **Collections** vers **collections** :
  - Toutes les collections ont un constructeur qui prend une `Collection<? extends E>`.
  - `addAll(Collection<? extends E>)`.
  - **ATTENTION** copie des **références** !
- **Tableaux** vers **collections** :
  - `<T> Collections.addAll(Collection<? super T>, T... array)`.
- **Tableaux** vers **tableaux** :
  - `Arrays.copyOf` (totalité ou début)
  - `Arrays.copyOfRange` (intervale)
  - `System.arraycopy` (plus précis)

Ponts via vue

- Vue d'une **liste** :
  - `AbstractList`
  - `AbstractSequentialList`
- **Tableau** vers **liste** :
  - `<T> List<T> Arrays.asList(T...array).`
- **Liste** vers **liste** :
  - `l.subList(int start, int end)`

Ponts via vue - exemple

- Pas de méthode contains ou shuffle pour les tableaux.
- On utilise une vue !

```
1    List<String> list = Arrays.asList(args) ;
2    list.contains("miage") ; //miage dans args ?
3    Collections.shuffle(list) ; //args shuffled !
```

Ponts via vue - maps

- Map vers l'ensemble des clefs :
  - `Set<K> map.keySet()`.
- Map vers collection de valeurs :
  - `Collection<V> map.values()`.
- Map vers couples clef/valeur :
  - `Set<Map.Entry<K,V>> map.entrySet()`.

Map.Entry

- Interface interne de Map.
- Représente des couples clef/valeur mutables.
- Opérations :
  - `K getKey()`.
  - `V getValue()`.
  - `V setValue(V value)`.

```
1 HashMap<String, Integer> map = ...
2 for(Map.Entry<String,Integer> entry : map.entrySet()) {
3   System.out.println("key " + entry.getKey()) ;
4   System.out.println("value " + entry.getValue()) ;
5 }
```

Conclusion

- Le choix de la structure de données est important.
- Selon l'algorithme à implémenter :
  - Choisir l'interface (List, Set, Queue, Map...).
  - Choisir l'implémentation.
- Si hésitation entre deux implémentations, faire des tests avec de larges données.

Quiz

Quiz