

Les Collections

Rémi Forax
forax@univ-mlv.fr

Opération sur les tableaux

- La classe **java.util.Arrays** définit des méthodes statiques de manipulation des tableaux :
 - equals(), hashCode(), toString()
 - deepEquals(), deepHashCode(), deepToString()
 - binarySearch(), sort(), fill()
- Pour la copie de tableau, on utilise :
 - Object.clone(), System.arraycopy(), Arrays.copyOf()

equals(), hashCode(), toString()

- Les méthodes equals(), hashCode(), toString() ne sont pas redéfinies sur les tableaux
- Arrays.equals(), Arrays.hashCode(), Arrays.toString() marchent pour Object et tous les types primitifs

```
int[] array=new int[]{2,3,5,6};
System.out.println(array);           // [I@10b62c9
System.out.println(Arrays.toString(array)); // [2, 3, 5, 6]
System.out.println(array.hashCode());  // 17523401
System.out.println(Arrays.hashCode(array)); // 986147
int[] array2=new int[]{2,3,5,6};
System.out.println(array2.hashCode()); // 8567361
System.out.println(Arrays.hashCode(array2)); // 986147
System.out.println(array.equals(array2)); // false
System.out.println(Arrays.equals(array,array2)); // true
```

deepEquals, deepHashCode, etc

- Algorithmes recursifs sur les tableaux d'objets
- Le calcul est relancé si un tableau contient lui-même un tableau etc.
- deepToString() détecte les circularités

```
Object[] array3=new Object[]{2,3,null};  
array3[2]=array3;  
System.out.println(Arrays.deepToString(array3));  
// [2, 3, [...]]
```

binarySearch, sort, fill

- Dichotomie (le tableau doit être trié)

```
binarySearch(byte[] a, byte key)
...
binarySearch(Object[] a, Object key)
<T> binarySearch(T[] a, T key, Comparator<? super T> c)
```

- Tri

```
sort(byte[] a)
sort(byte[] a, int fromIndex, int toIndex)
...
<T> sort(T[] a, Comparator<? super T> c)
<T> sort(T[] a, int fromIndex, int toIndex, Comparator<? super T> c)
```

- Remplissage

```
fill(boolean[] a, boolean val)
fill(boolean[] a, int fromIndex, int toIndex, boolean val)
...
fill(Object[] a, Object val)
fill(Object[] a, int fromIndex, int toIndex, Object val)
```

Ordre naturel

- Une classe peut spécifier un ordre naturel en implantant l'interface Comparable<T>

```
public interface Comparable<T> {  
    int compareTo(T t);  
}
```

- T doit être la classe spécifiant l'ordre
- Valeur de retour de **compareTo(T t)** :
 - <0 si this est **inférieur** à t
 - ==0 si this est **égal** à t
 - >0 si this est **supérieur** à t

compareTo et equals

- L'implantation de **compareTo** doit être compatible avec celle d'**equals** !!
- Si `o1.equals(o2)==true` alors
 `o1.compareTo(o2)==0` (et vice versa)

```
public MyPoint implements Comparable<MyPoint> {  
    public MyPoint(int x,int y) {  
        this.x=x;  
        this.y=y;  
    }  
    public int compareTo(MyPoint p) {  
        int dx=x-p.x;  
        if (dx!=0)  
            return dx;  
        return y-p.y;  
    }  
    private final int x,y;  
}
```

Attention BUG !!!

Exemple

- Il faut donc redéfinir aussi **equals**

```
public MyPoint implements Comparable<MyPoint> {  
    public MyPoint(int x,int y) {  
        this.x=x;  
        this.y=y;  
    }  
    @Override public boolean equals(Object o) {  
        if (!(o instanceof MyPoint))  
            return false;  
        MyPoint p=(MyPoint)o;  
        return x==p.x && y==p.y;  
    }  
    public int compareTo(MyPoint p) {  
        int dx=x-p.x;  
        if (dx!=0)  
            return dx;  
        return y-p.y;  
    }  
    private final int x,y;  
}
```


A quoi cela sert ?

- Par exemple, `java.util.Arrays.sort()` demande à ce que le tableau contienne des éléments mutuellement comparables

```
public MyPoint implements Comparable<MyPoint> {  
    public String toString() {  
        return "("+x+', '+y+')';  
    }  
    public static void main(String[] args) {  
        MyPoint[] points=new MyPoint[] {  
            new MyPoint(2,3), new MyPoint(3,3),  
            new MyPoint(3,2), new MyPoint(1,9)  
        };  
        Arrays.sort(points);  
        System.out.println(Arrays.toString(points));  
        // affiche (1,1) (1,9) (3,2) (3,3)  
    }  
}
```

Comparaison externe

- L'interface `java.util.Comparator` permet de spécifier un ordre externe

```
public interface Comparator<T> {  
    int compare(T o1, T o2);  
}
```

- Un ordre externe est un ordre valable juste à un moment donné
(rien de naturel et d'évident)
- La valeur de retour de **compare** suit les mêmes règles que **compareTo**

Comparator

- L'implantation de **compare** doit être compatible avec celle d'**equals** !!
- Si `o1.equals(o2)==true` alors
`compare(o1,o2)==0` (et vice versa)

```
Arrays.sort(points,new Comparator<MyPoint>() {  
    public int compare(MyPoint p1,MyPoint p2) {  
        int dx=x-p.x;  
        int dy=y-p.y;  
        return dx*dx+dy*dy;  
    }  
});  
System.out.println(Arrays.toString(points));  
// affiche (1,1) (3,2) (3,3) (1,9)
```

Comparator inverse

- Il existe deux méthodes **static** dans la classe `java.util.Collections` qui renvoie un comparator correspondant à :
- L'inverse de l'ordre naturel

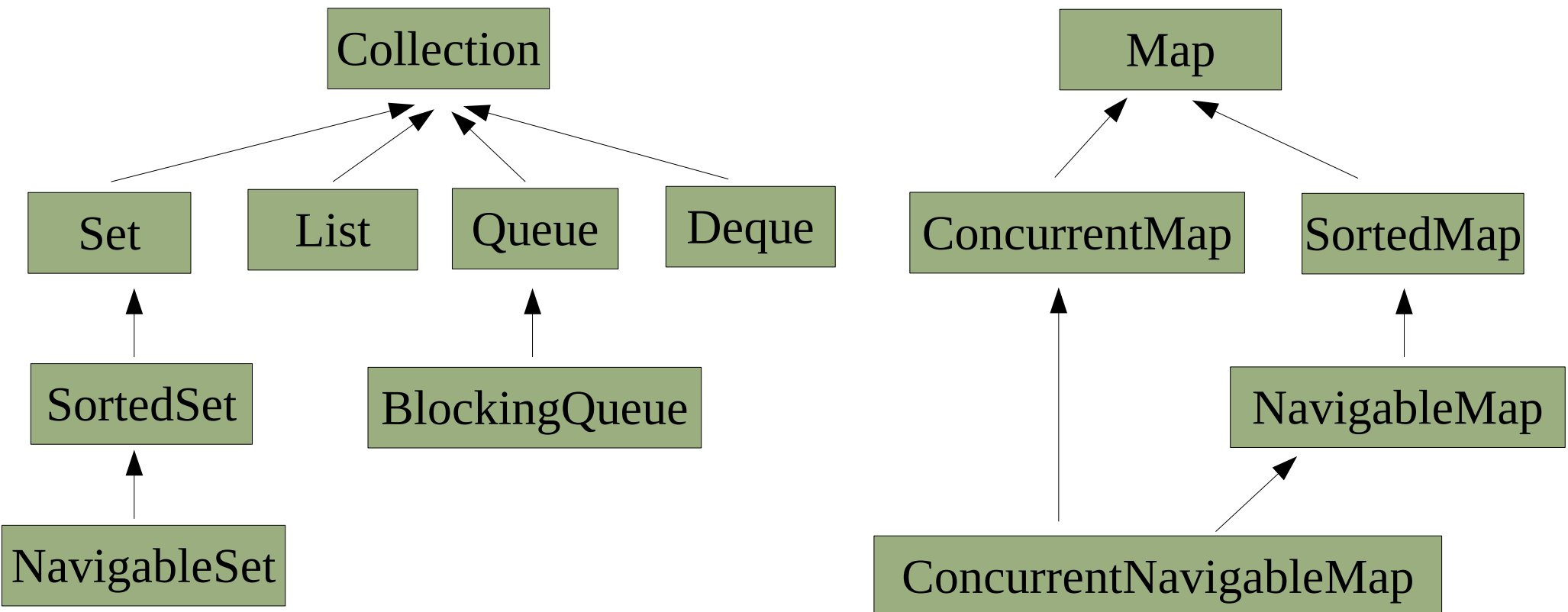
```
<T> Comparator<T> Collections.reverseOrder();
```

- L'inverse d'un ordre externe sur **T**

```
<T> Comparator<T> Collections.reverseOrder(Comparator<T> c);
```

L'API des collections

- 2 paquetages : `java.util`, `java.util.concurrent`
- 2 hiérarchies d'interfaces : `Collection`, `Map`



Design

- Séparation Interface/implantation
- Plusieurs implantations pour une interface permet d'obtenir en fonction de l'algorithme que l'on veut écrire la meilleure complexité
- Deux classes contenant des algorithmes communs (méthode statique dans `java.util.Arrays` et `java.util.Collections`)

Interfaces des collections

- Définition abstraite des collections :
 - **Collection** ensemble de données
 - **Set** ensemble de données sans doublon
 - **SortedSet** ensemble ordonné et sans doublon
 - **NavigableSet** ensemble ordonné, sans doublon avec précédent suivant
 - **List** liste indexée **ou** séquentielle
 - **Queue** file (FIFO) de données
 - **BlockingQueue** file bloquante de données
 - **Deque** double-ended queue

Interfaces des maps

- Permet d'associer un objet (la clé) à un autre :
 - **Map** association sans relation d'ordre
 - **SortedMap** association avec clés triées
 - **NavigableMap** association avec clés triées avec suivant/précédent
 - **ConcurrentMap** association à accès concurrent

Collection<E> et types paramétrés

- Toutes les collections sont des types paramétrés par le type des éléments (**E**) qu'elles contiennent
- Les collections sont des conteneurs homogènes
- Si l'on veut stocker des éléments de types différents, on utilise le super-type commun, voir Object

Propriété des Collections

- Sauf exceptions :
 - Toutes les collections acceptent **null** comme un élément valide (mais ce n'est pas une bonne idée !)
 - Toutes les collections testent si un objet existe ou non par rapport à la méthode **equals()** de l'objet
 - Toutes les collections ne permettent pas les accès concurrents
(par des threads différentes)

Opérations optionnelles

- Certaines méthodes des collections sont des opérations optionnelles (signalées par un *)
- Celles-ci peuvent ne pas être implantées par exemple pour définir des collections immutables (*read-only*)
- Les opérations optionnelles non implantées lèvent l'exception **UnsupportedOperationException**

L'interface Collection

- Interface de base des ensembles, listes et files
- Opérations sur l'ensemble de données
 - **isEmpty/size/clear***
 - **add*/remove*/contains**
 - Itérateur : **Iterator (hasNext,next,remove*)**
 - Opération Groupées (*bulk*) :
addAll*/removeAll*/retainAll*/containsAll
 - Création d'un tableau : **toArray**

Taille et effacement

- L'interface définit les méthodes :
 - **int size()** indiquant la taille d'une collection
 - **boolean isEmpty()** indiquant si une collection est vide.
La méthode souvent déclarée dans une classe abstraite comme `size()==0`
 - **void clear*()** permettant d'effacer les données de la collection

Modification et test de contenu

- Les modifications et tests sont effectuées par :
 - **boolean add*(E e)** ajoute un élément à la collection, true si la collection est modifiée
 - **boolean remove*(Object o)** retire un objet, true si la collection est modifiée
 - **boolean contains(Object)** renvoie si la collection contient l'objet
- **remove()** et **contains()** prennent en paramètre des **Object** et non des **E** par compatibilité

Éléments et equals

- Toutes les collections sauf exception testent si un objet existe en utilisant la méthode equals() de l'objet

```
public class MyPoint {
    public MyPoint(int x,int y) {
        this.x=x;
        this.y=y;
    }
    private final int x,y;
    public static void main(String[] args) {
        Collection<MyPoint> c=new ArrayList<MyPoint>();
        c.add(new MyPoint(1,2)); // true
        c.contains(new MyPoint(1,2)); // false
    }
}
```

Iterator

- Pour parcourir une collection, on utilise un objet permettant de passer en revue les différents éléments de la collection
- `java.util.Iterator<E>` définie :
 - **boolean hasNext()** qui renvoie vrai s'il y a un suivant
 - **E next()** qui renvoie l'élément courant et décale sur l'élément suivant
 - **void remove()** qui retire un élément précédemment envoyé par `next()`

next() et NoSuchElementException

- L'opération **next()** est sécurisée en lève une exception runtime **NoSuchElementException** dans le cas où on dépasse la fin de la collection (c-a-d si **hasNext()** renvoie false)

```
public static void main(String[] args) {  
    Collection<Integer> c=new ArrayList<Integer>();  
    c.add(3);  
    Iterator<Integer> it=c.iterator();  
    it.next();  
    it.next(); // NoSuchElementException  
}
```

Exemple d'iterateur

- Conceptuellement un iterateur s'utilise comme un pointeur que l'on décaler sur la collection

```
public static void main(String[] args) {  
    Collection<Integer> c=new ArrayList<Integer>();  
    c.add(3);  
    c.add(2);  
    c.add(4);  
    Iterator<Integer> it=c.iterator();  
    for(;;it.hasNext();) {  
        System.out.println(it.next()*2);  
    } // affiche 6, 4, 8  
}
```

Intérêt des itérateurs

- Parcours d'une collection est :
 - Pas toujours possible d'effectuer un parcours avec un index (Set, Queue, Deque)
 - Problème de complexité (List séquentiel)
- Les itérateurs offre un parcours garantie en $O(n)$

Modification et parcours

- Les itérateurs des collections sont *fail-fast* : si lors d'un parcours avec un itérateur, il y a une modification de la collection, l'itérateur lèvera alors une exception **ConcurrentModificationException**
- Il n'y a pas besoin de plusieurs threads pour lever cette exception
- Le fait que les itérateurs soient *fail-fast* ne veut pas dire que les collections peuvent être modifiés par des threads différentes

Exemple de *fail-fast*

- Parcours + suppression par l'interface collection = **ConcurrentModificationException**

```
public class ConcurrentExceptionExample {
    public static void main(String[] args) {
        Set<String> set=new HashSet<String>();
        Collections.addAll(set,args);
        Iterator<String> it=set.iterator();
        for(;it.hasNext();){
            String s=it.next();
            if ("toto".equals(s))
                set.remove(s); // va causer une erreur à la prochaine itération
        }
    }
}
// java ConcurrentExceptionExample hello world
//Exception in thread "main" java.util.ConcurrentModificationException
//    at java.util.HashMap$HashIterator.nextEntry(HashMap.java:787)
//    at java.util.HashMap$KeyIterator.next(HashMap.java:823)
//    at ConcurrentExceptionExample.main(ConcurrentExceptionExample.java:16)
}
```

Même exemple qui marche

- Parcours + suppression mais par l'interface de l'iterateur (remove sur l'iterateur)

```
public class ConcurrentExceptionExample {  
    public static void main(String[] args) {  
        Set<String> set=new HashSet<String>();  
        Collections.addAll(set,args);  
        Iterator<String> it=set.iterator();  
        for(;it.hasNext();) {  
            String s=it.next();  
            if ("toto".equals(s))  
                it.remove();           // ok  
        }  
    }  
}
```

Itérateur et concurrence

- Il y a trois sortes d'itérateurs
 - Les itérateurs normaux qui ne supportent pas la concurrence, il faut alors définir ceux-ci dans une section critique (cf cours concurrence)
 - Les itérateurs *weakly* consistant : les ajouts/modifications depuis la création ne sont pas garanties d'être visible
 - Les *snapshots* itérateurs : effectue une copie de la collection lors de la création de l'itérateur (l'itérateur est *read-only*, le **remove** n'est pas supporté)

Iterable & syntaxe foreach

- L'interface Collection hérite de l'interface Iterable

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

- Permet d'utiliser des collections avec for(:)

```
public static void main(String[] args) {  
    Iterable<Integer> iterable=new ArrayList<Integer>();  
    ...  
    for(int i:iterable)  
        System.out.println(i*2);  
} // affiche 6, 4, 8  
}
```


Exemple d'Iterable

- Exemple d'Iterable

```
public static Iterable<Integer> range(final int begin, final int end) {
    return new Iterable<Integer>() {
        public Iterator<Integer> iterator() {
            return new Iterator<Integer>() {
                private int index=begin;
                public void remove() { // optionnel
                    throw new UnsupportedOperationException();
                }
                public boolean hasNext() {
                    return index<=end;
                }
                public Integer next() {
                    if (!hasNext())
                        throw NoSuchElementException("index>=end");
                    return index++;
                }
            };
        }
    };
}

public static void main(String[] args) {
    for(int i:range(2,5))
        System.out.printf("%d ",i);
    // affiche 2 3 4 5
}
```

Enumeration

- Ancienne version des itérateurs

```
interface Enumeration<T> {  
    boolean hasMoreElements()  
    T nextElement()  
}
```

- Utilisé uniquement par compatibilité avec les anciennes APIs
- Méthodes pratiques
 - <T> Enumeration<T>
Collections.enumeration(Collection<T> c)
 - <T> List<T> Collections.list(Enumeration<T> e)

Ecrire un itérateur filtrant

- On ne veut sélectionner que des objets correspondant à un critère

```
interface Filter<E> {  
    boolean accept(E element);  
}
```

- On veut écrire la méthode suivante :

```
public static <T> Iterator<T> filterIterator(  
    Collection<T> coll, Filter<? super T> filter) {  
    ...  
}
```

- L'astuce consiste à écrire hasNext() de façon à avoir un coup d'avance

hasNext() fait le boulot

- Si la collection ne contient pas null

```
public static <T> Iterator<T> filterIterator(
    Collection<T> coll, final Filter<? super T> filter) {

    final Iterator<T> it=coll.iterator();
    return new Iterator<T>() {
        public boolean hasNext() {
            if (element!=null)
                return true;
            while(it.hasNext()) {
                T e=it.next();
                if (filter.accept(e)) {
                    element=e;
                    return true;
                }
            }
            return false;
        }

        public T next() {
            if (!hasNext())
                throw new NoSuchElementException();
            T e=element;
            element=null;
            return e;
        }
        ...
        private T element;
    };
}
```

Opérations groupées

- Les collections permettent les opérations groupées suivantes :
 - **addAll***(Collection<? extends E>), **removeAll***(Collection<?>) permettent d'ajouter/enlever tous les éléments d'une collection
 - **containsAll**(Collection<?>) vrai si tous les éléments de la collection argument sont contenus
 - **retainAll***(Collection<?>) retient dans la collection courante seulement les éléments présent dans la collection en argument

Collection & Tableau

- Les méthodes **toArray()** permettent de créer un tableau contenant les mêmes éléments que la collection
 - Avantages :
 - tableau indépendant de la collection
 - tableaux plus rapides à parcourir que les collections
 - Inconvénient :
 - duplique les données (allocation inutile)

toArray()

- `Object[] toArray()` renvoie un tableau d'objet contenant les éléments
- `<T> T[] toArray(T[] array)` remplit le tableau avec les éléments, si le tableau n'est pas assez grand, un nouveau tableau de T de la bonne taille est créé par réflexion

```
public static void main(String[] args) {  
    List<String> list=Arrays.asList(args);  
    Collection<?> c=list;  
    String[] array=(String[])c.toArray();           // ClassCastException  
    Date[] array2=c.toArray(new Date[c.size()]);    // ArrayStoreException  
    String[] array3=c.toArray(new String[c.size()]); // ok  
}
```

AbstractCollection

- Classe abstraite fournissant un squelette d'une collection immutable. Il manque les méthodes **size()** et **iterator()**

```
public static Collection<Integer> length(
    final Collection<? extends CharSequence> c) {
    return new AbstractCollection<Integer>() {
        public int size() {
            return c.size();
        }
        public Iterator<Integer> iterator() {
            final Iterator<? extends CharSequence> it=c.iterator();
            return new Iterator<Integer>() {
                public boolean hasNext() {
                    return it.hasNext();
                }
                public Integer next() {
                    return it.next().length();
                }
                public void remove() {
                    it.remove(); // mettre des '}' et des '};' pour finir
                }
            };
        }
    };
}
```

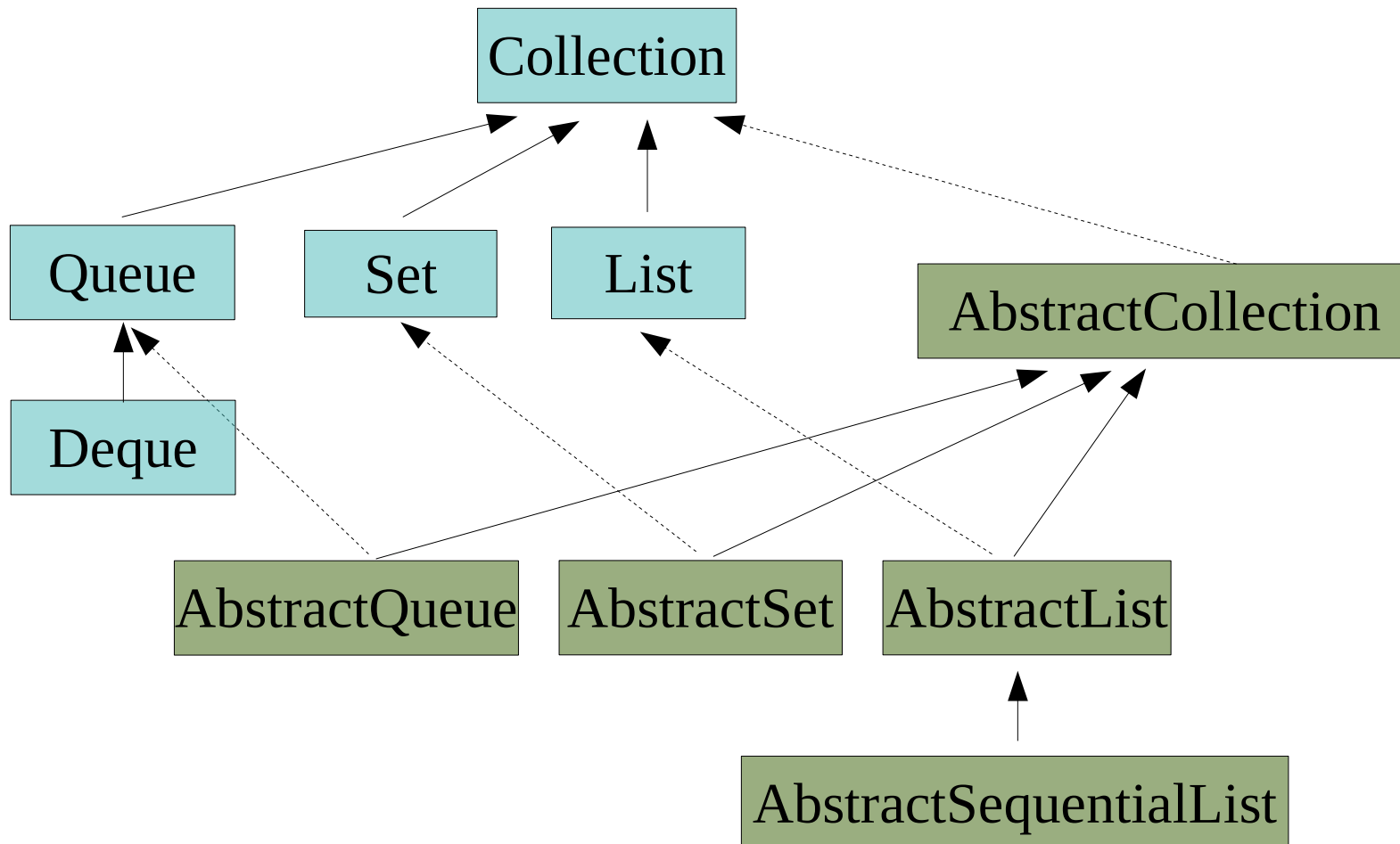
```
ArrayList<String> list=
    new ArrayList<String>();
list.add("hello");
Collection<Integer> c=length(list);
System.out.println(c.size()); // 1
list.add("f**king world");
System.out.println(c); // [5, 13]
```

Note de design

- En prenant un peu de recul, la différence entre un itérateur et une collection immutable est la présence de la méthode `size()`.
- Lorsque l'on architecture une classe :
 - Au lieu de retourner un itérateur
 - Il vaut mieux retourner une collection immutable agissant comme une vue.
- Cela évite les recopies inutiles !!

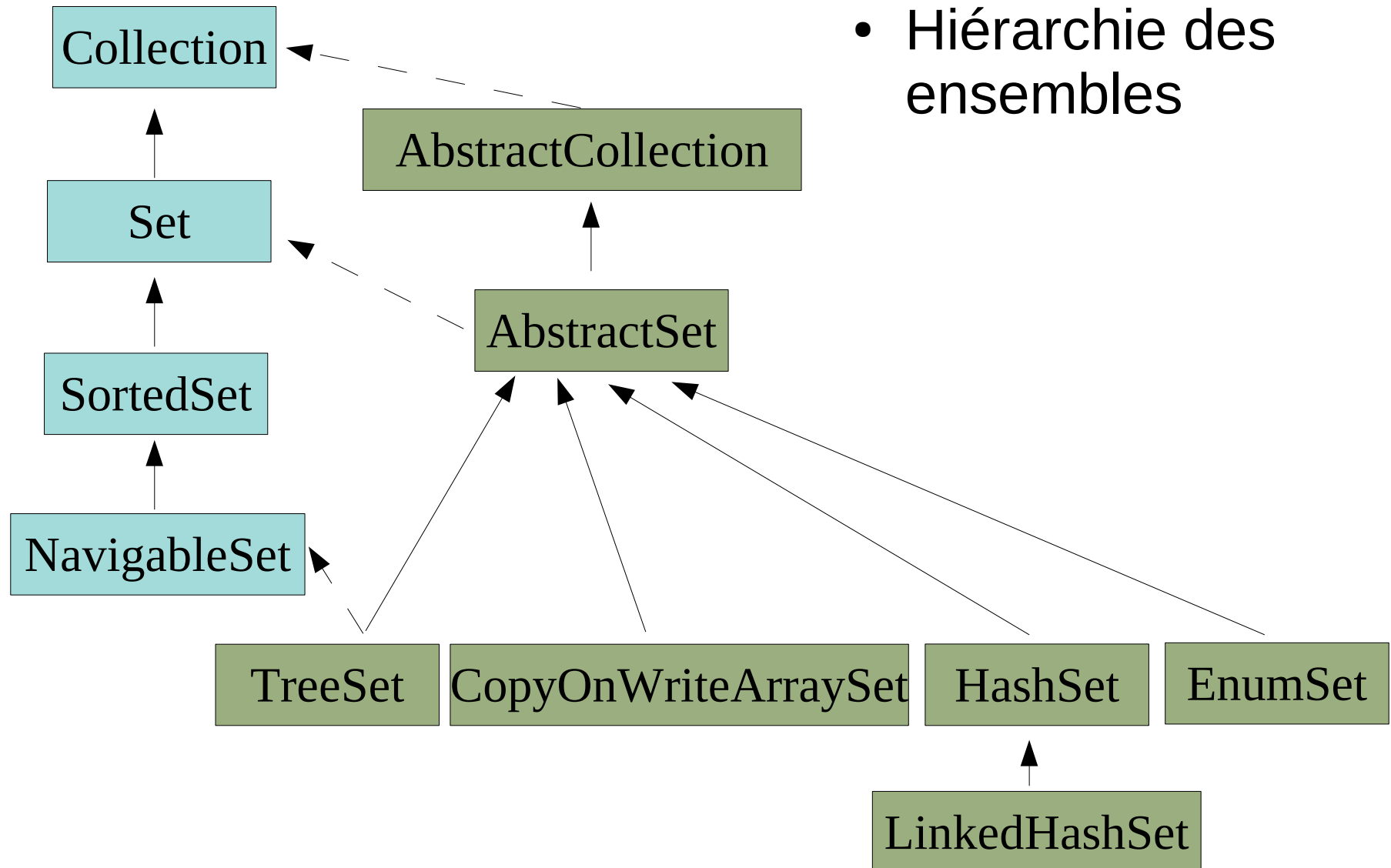
Implantation des collections

- Chaque collection possède une classe abstraite



Set

- Hiérarchie des ensembles



L'interface Set et implantations

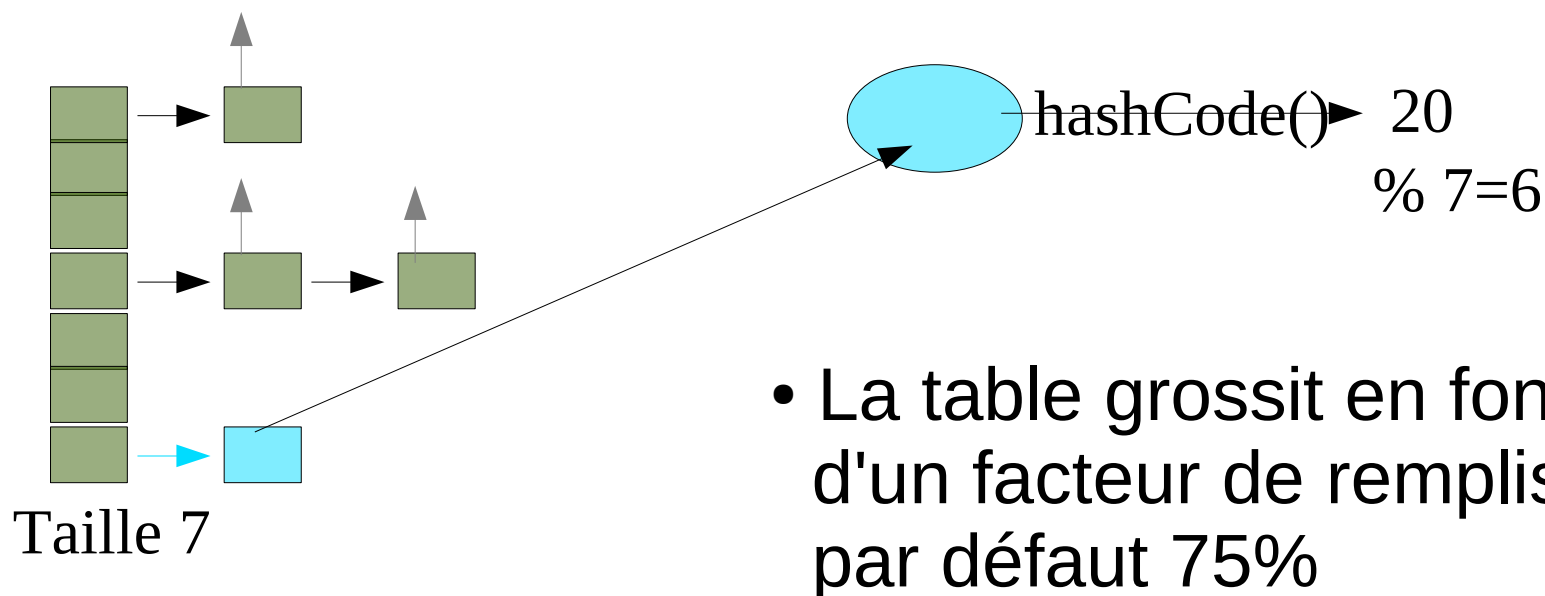
- L'interface **Set** définit un ensemble ne possédant pas de doublon. Pas de méthode supplémentaire par rapport à Collection
 - Les différentes implantations :
 - HashSet
 - LinkedHashSet
 - CopyOnWriteArraySet
 - EnumSet (2 implantations)
 - TreeSet
 - ConcurrentSkipListSet

AbstractSet

- Hérite de **AbstractCollection**
- A part l'implantation de **removeAll()** qui est optimisée, pas de différence avec une **AbstractCollection** si ce n'est le type
- Sert de classe de base pour toutes les implantations des ensembles

HashSet

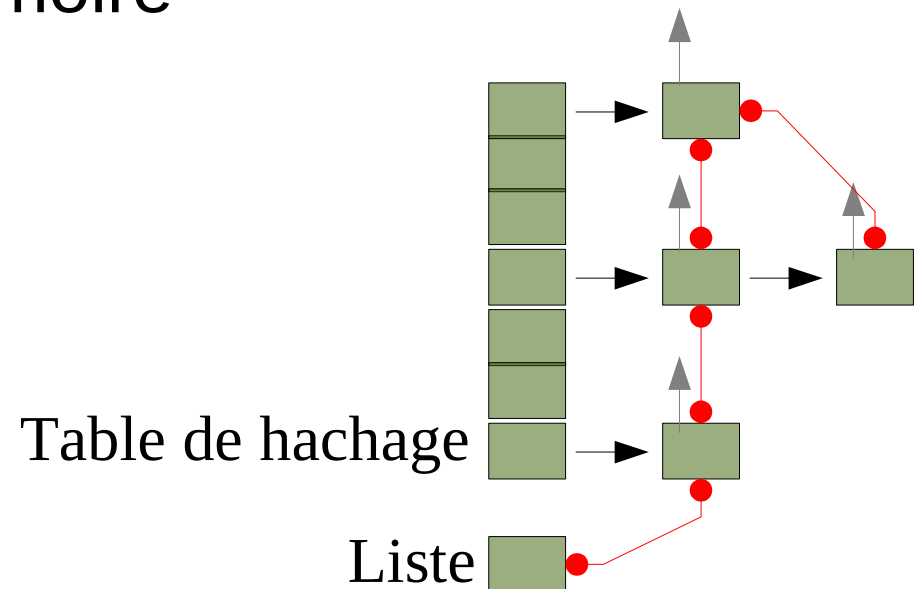
- Implantation sous forme de table de hachage
- Utilise les méthodes **hashCode()** et **equals()** d'un élément



- La table grossit en fonction d'un facteur de remplissage, par défaut 75%

LinkedHashSet

- Table de hachage + liste doublement chaînée
- Parcours + efficace que **HashSet** mais consomme + de mémoire
- Ordre dans la liste par insertion
- L'iterateur utilise la liste



CopyOnWriteArraySet

- Tableau dynamique se dupliquant à chaque modification
- Permet les accès/modification concurrents
- l'itérateur est un *snapshot iterator*, *thread-safe* et *read-only*
- A utiliser si :
 - peu d'éléments
 - Beaucoup d'accès par rapport aux modifications

EnumSet

- Stocke uniquement les valeurs d'une énumération, 2 implantations différentes :
 - Regular (utilise un long)
 - Jumbo (utilise un tableau de long)
- Création par des méthodes factories :
 - **allOf**(Class<E>), **noneOf**(Class<E>)
 - **range**(E from, E to)
 - **of**(E), **of**(E,E), ..., **of**(E,E...)

SortedSet

- Ensemble ordonné par un comparateur
 - Définit les méthodes :
 - `Comparator<? super E> comparator()`
 - Renvoie le comparateur utiliser pour définir l'ordre
 - `E first(), last()`
 - Renvoie le premier/dernier élément
 - `SortedSet<E> headSet(E),subSet(E,E),tailSet(E)`
 - Sous-ensemble restreint de l'ensemble courant
 - Très peu utiliser car **SortedSet** ne définit pas assez de méthodes et ne possédait qu'une implantation

headSet, subSet, tailSet

- Sous-ensemble qui sont des vues de l'ensemble de départ
 - **SortedSet<E> headSet(E e)**
ensemble entre premier élément inclu et e exclu
 - **SortedSet<E> subSet(E e1, E e2)**,
ensemble entre e1 inclu et e2 exclu
 - **SortedSet<E> tailSet(E e)**
ensemble entre e inclu et le dernier inclu
- Pas facile de créer un headSet() avec l'élément e inclu

```
String key=...
SortedSet<String> head = s.headSet(key+"\0");
```

NavigableSet

- Set ordonné par un comparateur permettant de navigué entre les éléments (étend SortedSet)
 - E **lower**(E e), **floor**(E), **higher**(E e), **ceiling**(E e)
 - Resp. renvoie l'élément $<$, $\leq$, $>$ et $\geq$ à e.
 - E **pollFirst()**, **pollLast()**
 - Renvoie en le supprimant le premier/dernier élément
- Parcourir ou utiliser l'ensemble en ordre descendant
 - NavigableSet<E> **descendingSet()**
 - Iterator<E> **descendingIterator()**

NavigableSet (suite)

- Sous-ensemble avec possibilité d'inclure ou non le ou les éléments
 - NavigableSet<E> **headSet**(E toElement, boolean inclusive)
 - NavigableSet<E> **subSet**(E fromElement, boolean fromInclusive, E toElement, boolean toInclusive)
 - NavigableSet<E> **tailSet**(E fromElement, boolean inclusive)

TreeSet

- Implantation de NavigableSet à base d'un arbre rouge/noir qui classe les éléments en utilisant :
 - Un comparateur
 - Ou l'ordre naturel (`Comparable.compareTo()`)
- L'implantation garantit **$O(\ln n)$** pour l'insertion, la recherche ou la suppression

ConcurrentSkipListSet

- Implantation de NavigableSet à base d'un arbre fils gauche/frère droit à deux niveaux
 - Un comparateur
 - Ou l'ordre naturel (Comparable.compareTo())
- L'implantation garantit **$O(\ln n)$** pour l'insertion, la recherche ou la suppression
- **size()** n'est pas une opération en temps constant
- L'iterateur est *weakly* consistant

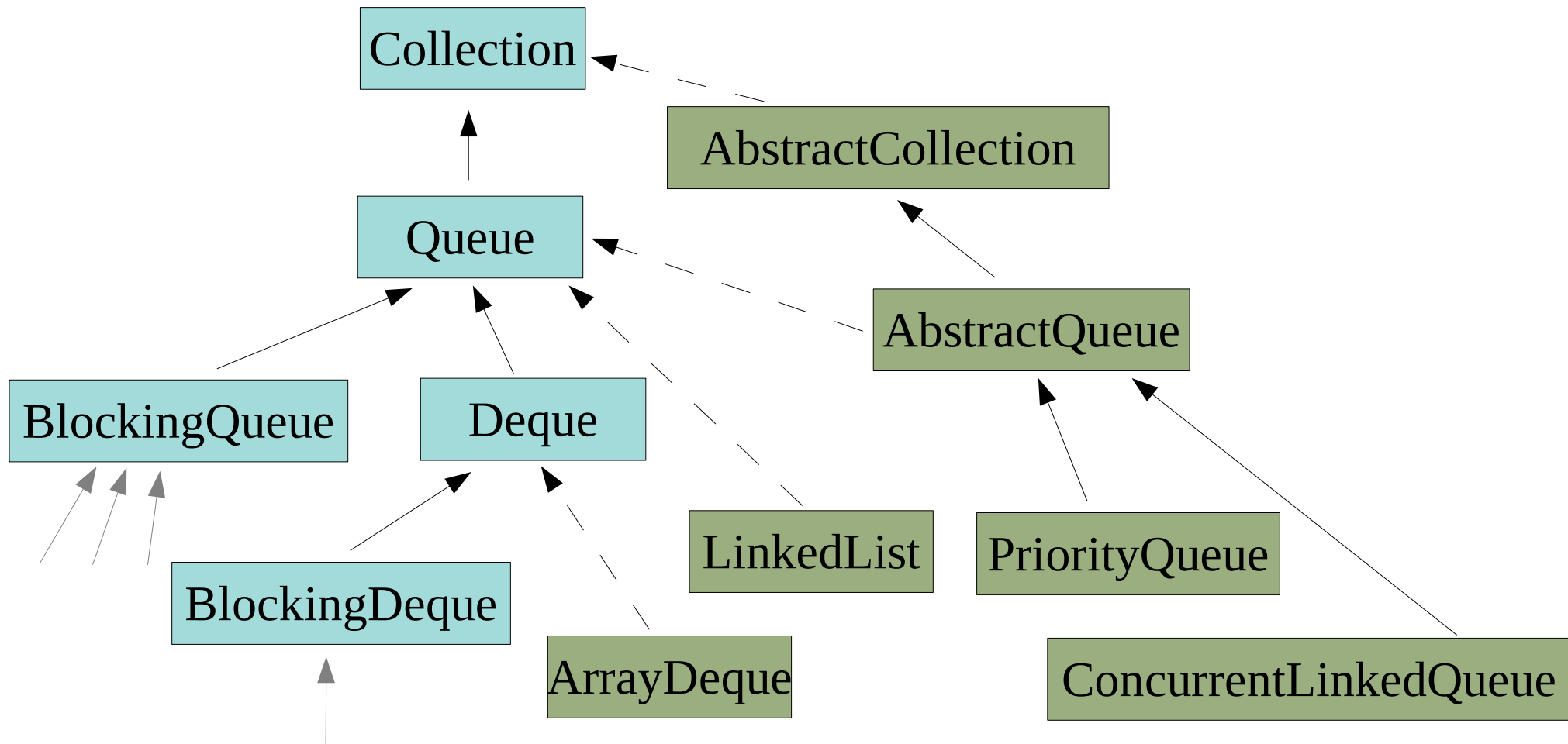
Complexités

- Complexité des opérations en fonction de l'implantation

	size()	clear()	add	remove	contains()	Parcours
HashSet	O(1)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)	7
LinkedHashSet	O(1)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)	4
COWArraySet	O(1)	O(1)	O(n)	O(n)	O(n)	3
EnumSet(regular)	O(1)	O(1)	O(1)	O(1)	O(1)	1
EnumSet(jumbo)	O(1)	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)	2
TreeSet	O(1)	O(1)	O(ln n)	O(ln n)	O(ln n)	5
ConcSkipListSet	O(n)	O(1)	O(ln n)	O(ln n)	O(ln n)	6

- Les parcours (pour beaucoup d'éléments) sont classées par ordre de vitesse (1 le + rapide)

Queue & Deque



Queue et Deque

- Il existe deux interfaces différentes :
 - **Queue** (1.5), interface des files d'objet (FIFO)
 - Insertion en queue
 - Suppression en tête
 - **Deque** (1.6), interface des files/piles d'objets (FIFO/LIFO) accessibles par la tête ou la queue
 - Insertion en tête ou en queue
 - Suppression en tête ou en queue

Deque hérite de **Queue**

API de Queue

- Interface décrivant des Files FIFO (First in, first out)
 - E **peek()**, E **element()**
demande un élément sans l'enlever
 - boolean **offer(E)**, boolean **add(E)**
ajoute un élément en queue
 - E **poll()**, E **remove()**
retire un élément en tête
- Contrairement aux Collections, **null** n'est pas un élément permis

2 sémantiques

- Runtime exception si erreur
 - **element()**, **remove()** lèvent une **NoSuchElementException** si la file est vide
 - **add()** lève **IllegalStateException** si la file est pleine
- Valeur de retour si erreur
 - **peek()**, **poll()** retourne **null** si la file est vide
 - **offer()** return **faux** si la file est pleine

API de Deque

- Interface décrivant des Piles et Files
 - E **peekFirst/Last()**, E **getFirst/Last()**
demande un élément sans l'enlever
 - boolean **offerFirst/Last(E)**, boolean **addFirst/Last(E)**
ajoute un élément en queue
 - E **pollFirst/Last()**, E **removeFirst/last()**
retire un élément en tête

Deque et parcours

- A part l'iterateur (iterator()) classique, Deque possède un itérateur d'escendant
 - Iterator<E> **descendingIterator()**
- Recherche et suppression d'élément
 - boolean **removeFirstOccurrence**(Object o)
 - boolean **removeLastOccurrence**(Object o)

Méthodes de Queue vers Deque

- Equivalence entre les méthodes de **Queue** et celle de **Deque**
 - Demander un élément (sans le retirer)
`Queue.element()/peek()` -> `Deque.getFirst()/peekFirst()`
 - Ajouter un élément en queue
`Queue.add(e)/offer(e)` ->
`Deque.addLast(e)/offerLast(e)`
 - Retirer un élément en tête
`Queue.remove()/poll()` -> `Deque.removeFirst()/pollFirst()`

BlockingQueue/BlockingDeque

- Ce sont des queues dont les opérations peuvent bloquer jusqu'à ce que la ressource soit disponible
 - Implantations de BlockingQueue:
 - LinkedBlockingQueue
 - ArrayBlockingQueue
 - PriorityBlockingQueue
 - SynchronousQueue
 - DelayQueue
 - Implantation de BlockingDeque
 - LinkedBlockingDeque

AbstractQueue

- Classe de base des implantations de l'interface **Queue**
- Il faut définir les méthodes : **peek**, **offer**, **poll**, **size** et **iterator** (avec **remove**)
- Les autres méthodes de l'interface **Queue** **element**, **add**, **remove** sont définies à partir des méthodes précédentes

AbstractQueue - Example

```
public class SingletonQueue<E> extends AbstractQueue<E> {
    public boolean offer(E e) {
        element=e;
        return true;
    }
    public E poll() {
        E e=element;
        element=null;
        return e;
    }
    public E peek() {
        return element;
    }
    public int size() {
        return (element==null)?0:1;
    }
    ...
    E element;

    public static void main(String[] args) {
        Queue<String> queue=new
        SingletonQueue<String>();
        queue.offer("toto");
        queue.peek();    // toto
        queue.poll();    // toto
        queue.remove();  // NoSuchElementException
    }
}
```

AbstractQueue - Exemple

- Et l'itérateur :

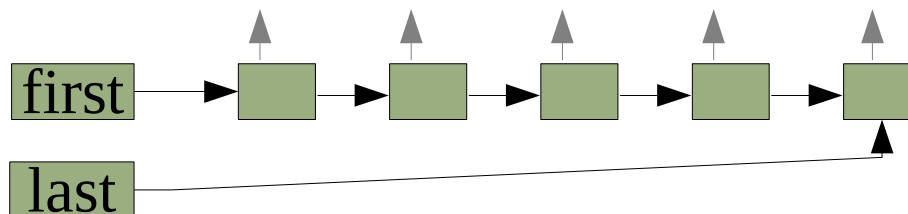
```
public Iterator<E> iterator() {  
    return new Iterator<E>() {  
        public boolean hasNext() {  
            return element!=null;  
        }  
        public E next() {  
            E e=element;  
            if (e==null)  
                throw new NoSuchElementException();  
            return e;  
        }  
        public void remove() {  
            if (hasNext())  
                SingletonQueue.this.remove();  
            else  
                throw new NoSuchElementException();  
        }  
    };  
}
```

Implantations

- Queue et Deque possède quatres implantations différentes :
 - PriorityQueue (Queue)
 - ConcurrentLinkedQueue (Queue)
 - LinkedList (Queue & Deque)
 - ArrayDeque (Deque)

ConcurrentLinkedQueue

- Queue permettant les accès concurrents (mais n'utilise pas de synchronized !!)
- Liste simplement chaînée maintenant la tête et la queue
- Iterator weakly consistant, `iterator.remove()` change l'élément d'un noeud à **null**, il est ensuite ejecté par **poll()** ou **offer()**

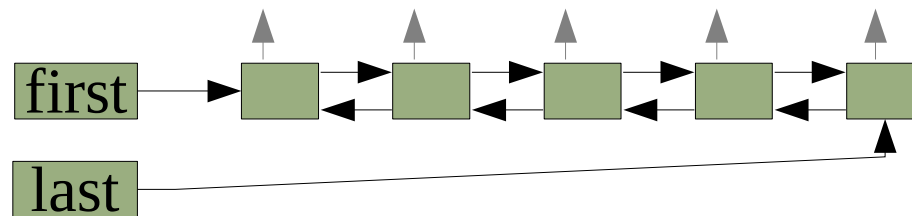


PriorityQueue

- Arbre binaire de recherche codé dans un tableau.
- L'ordre sur les éléments est donné par :
 - un comparateur
 - ou l'ordre naturel (`Comparable.compareTo()`)
- L'implantation garantit **$O(\ln n)$** pour **`poll()`** et **`offer()`**
- Attention l'iterateur traverse la queue dans n'importe quel ordre !!

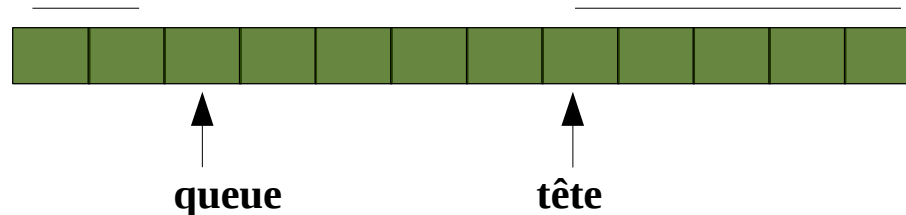
LinkedList

- LinkedList implante les interfaces Queue, Deque et List
- C'est une liste **double chaînée** qui maintient la tête et la queue de la liste



ArrayDeque

- ArrayDeque implante les interfaces Deque.
- Buffer circulaire qui se redimensionne automatiquement



- Cette classe a été conçu pour remplacer
 - `java.util.Stack`
 - `java.util.LinkedList` vue comme une queue

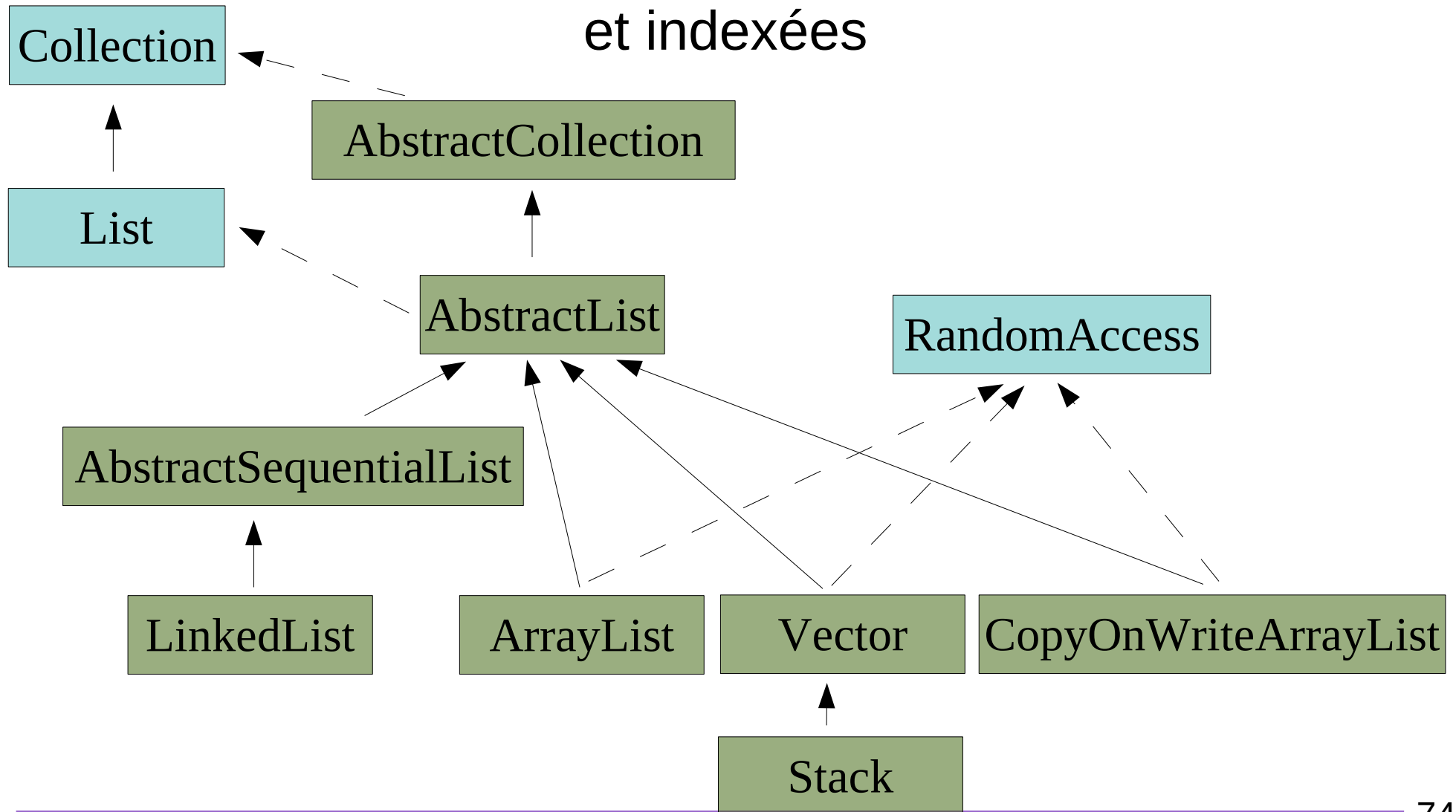
Complexités

- Complexités des implantations de queue/deque

	size()	peek/element	poll/remove	offer/add
CrtLinkedQueue	O(n)	O(1)	O(1)	O(1)
PriorityQueue	O(1)	O(1)	O(1)	O(ln n)
LinkedList	O(1)	O(1)	O(1)	O(1)
ArrayDeque	O(1)	O(1)	O(1)	O(1)

List

- Gère les listes séquentielles et indexées



L'interface List

- En plus des méthodes de Collection, définie des méthodes travaillant sur les index :
 - E **get**(int), boolean **set**(int,E)
 - boolean **add**(int,E), E **remove**(int), boolean **addAll**(index,Collection)
 - int **indexOf**, **lastIndexOf**
 - ListIterator<E> **listIterator**()
 - List<E> **subList**()

Accès indexés

- Une liste est représenté par une suite d'éléments numéroté de 0 à `size()-1`
 - Les méthodes sont :
 - E **get**(int index) renvoie l'élément situé à l'index
 - boolean **set**(int index, E e) remplace l'élément à l'index par e, true si la liste a changé
 - boolean **add**(int index,E e) insère un élément, true si la liste a changé
 - boolean **remove**(int index) supprime un élément, true si la liste à changée

List indexée et temps constant

- Toutes les implantations de List supporte la recherche indexée d'élément, mais toute ne le font pas en temps constant
 - Liste à acces indexé en temps constant
ArrayList, COWArrayList
 - Liste à accès indexé en temps linéaire
LinkedList
- Les listes à accès indexé en temps linéaire hérite de **AbstractSequentialList** et pas d'**AbstractList**.

RandomAccess

- **RandomAccess** permet d'indiquer que les accès get/set se font en temps constant

```
public interface Callable<V> {  
    void call(V v);  
}  
public static <T> void map(List<T> list, Callable<? super T> c) {  
    if (list instanceof RandomAccess)  
        for(int i=0; i<list.size(); i++) // par index  
            c.call(list.get(i));  
    else  
        for(T t: list) // avec un itérateur  
            c.call(c);  
}
```

- L'accès par index est plus rapide que par itérateur dans ce cas

Recherche par index

- Les méthodes **indexOf()** et **lastIndexOf()** recherchent un élément en utilisant `equals()`
- **indexOf(Object)** renvoie l'index du premier objet trouvé, -1 sinon
- **lastIndexOf(Object)** renvoie l'index du dernier objet trouvé, -1 sinon

L'itérateur de liste (ListIterator)

- Les listes possèdent un itérateur spécifique héritant de **Iterator**
- **ListIterator** permet, en plus
 - de parcourir une liste dans les deux sens (gauche<->droite) **hasPrevious()**, **previous()**
 - de remplacer/ajouter des éléments dans la liste **set(item)**, **add(item)**
 - d'obtenir les index correspondant à la position courante **nextIndex()**, **previousIndex()**

ListIterator (2)

- Exemple de parcours inverse

```
public static void descendingPrint(List<?> list) {  
    ListIterator it=list.listIterator(list.size()); // à la fin  
    for(;it.hasPrevious();)  
        System.out.println(it.previous());  
}
```

- Remplacer un élément à la liste par l'itérateur

```
public static <T> void replace(List<T> list, T o1, T o2) {  
    ListIterator it=list.listIterator();  
    for(;it.hasNext()) {  
        if (o1.equals(it.next()))  
            it.set(o2);  
    }  
}
```

Sous-liste

- `List<E> subList(int start,int end)` est une liste partielle (start inclus, end exclus) de la liste sous-forme de vue

```
public static <T extends Comparable<T>> T turtleMax(List<T> list) {  
    int size=list.size();  
    if (size==1)  
        return list.get(0);  
    T v1=turtleMax(list.subList(0,size/2));  
    T v2=turtleMax(list.subList(size/2,size));  
    return (v1.compareTo(v2)<0)?v2:v1;  
}
```

Implantations

- L'interface de liste possède 3 implantations différentes :
 - ArrayList
 - Vector (même implantation que ArrayList)
 - Stack (même implantation que ArrayList, ArrayDeque)
 - CopyOnWriteArrayList
 - LinkedList

AbstractList

- Classe de base des listes indexées
- Manque les méthodes **get(index)** et **size()**

```
public class Integers extends AbstractList<Integer> {
    public Integers(int maxInt) {
        this.maxInt=maxInt;
    }
    public int size() {
        return maxInt;
    }

    public Integer get(int index) {
        return index;
    }
    private final int maxInt;
}

public static void main(String[] args) {
    int sum=0;
    for(int i:new Integers(1000))
        sum+=i;
    System.out.println(sum);
}
```

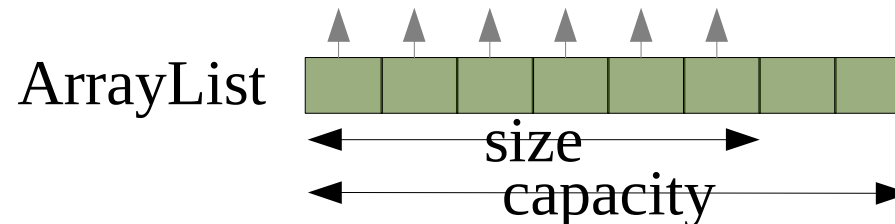
AbstractList (2)

- Liste mutable si on ajoute set(index,E)

```
public class ArrayView<T> extends AbstractList<T> {  
    public ArrayView(T... array) {  
        this.array=array;  
    }  
    public int size() {  
        return array.length;  
    }  
    public T get(int index) {  
        return array[index];  
    }  
    public T set(int index, T t) {  
        T old=array[index];  
        array[index]=t;  
        return old;  
    }  
    private final T[] array;  
}
```

ArrayList

- Les éléments sont stockés dans un tableau redimensionnable
- Le facteur de redimensionnement est 1,5
- Pour éviter les allocations inutiles, il est intéressant de passer une taille par défaut (**`new ArrayList(1000)`**)



Vector

- Ancienne version de ArrayList (pre-1.2), a été modifiée pour implanter List
- Synchronisé par défaut (4x plus lent que ArrayList)
- Le facteur de redimensionnement est 2
- A n'utiliser que par compatibilité avec des APIs existantes

Stack

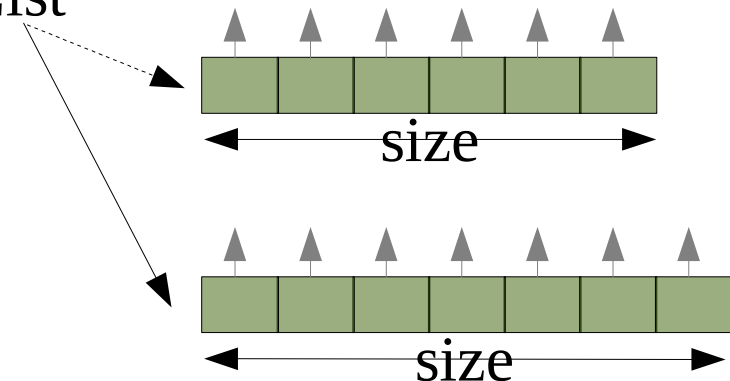
- Hérite de `java.util.Vector`
- Synchronisé par défaut (argh!)
- Utiliser `java.util.ArrayDeque` à la place :
 - `Stack.peek()` $\Leftrightarrow$ `ArrayDeque.peekLast()`
 - `Stack.push()` $\Leftrightarrow$ `ArrayDeque.offerLast()`
 - `Stack.pop()` $\Leftrightarrow$ `ArrayDeque.pollLast()`
- Est très peu utilisé

CopyOnWriteArrayList

- N'hérite pas de AbstractList
- Gère la concurrence en évitant les synchros
- Effectue une copie à chaque modification
 - Permet d'utiliser des itérateurs sans synchro
 - Itérateur read-only

```
CopyOnWriteArrayList<String> cow=  
    new CopyOnWriteArrayList<String>();  
cow.add("toto");  
Iterator<String> it=cow.iterator();  
cow.add("tutu");  
for(;it.hasNext();)  
    System.out.println(it.next()); // toto
```

COWArrayList



CopyOnWriteArrayList (2)

- Exemple avec plusieurs threads

```
final CopyOnWriteArrayList<String> list=new CopyOnWriteArrayList<String>();
final ScheduledExecutorService service=Executors.newScheduledThreadPool(3);
service.scheduleAtFixedRate(new Runnable() {
    public void run() {
        for(String s:list)    // ou System.out.println(Arrays.toString(list));
            System.out.print(s);
            System.out.println();
    }
},0,333,TimeUnit.MILLISECONDS);
for(String arg:args) {
    Thread.sleep(1000);
    list.add(arg);
}
service.shutdown();
```

AbstractSequentialList

- Classe de base pour les listes séquentielles
- Bizarrement, hérite de **AbstractList**
- On doit redéfinir les méthodes **size()** et **listIterator()**
- Existe une seule sous-classe : **LinkedList**

LinkedList

- Liste toujours doublement chaînée
- Maintient une référence sur le début et la fin de la liste
- La taille est conservée pour éviter le parcours

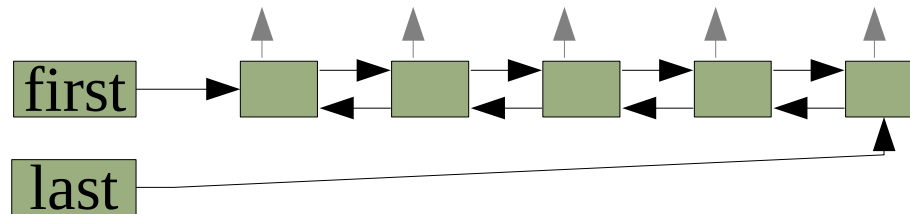


Tableau vu comme une List

- Implantation non nommée qui permet de voir un tableau comme une liste
- Tout changement effectué sur le tableau est repercuté sur la liste et vice-versa
- `<T> List<T> Arrays.asList(T[] array)`

```
public static void main(String[] args) {  
    List<String> list=Arrays.asList(args);  
    System.out.println(args[0]);        // hello  
    System.out.println(list.get(0));    // hello  
    list.set(0,"tutu");  
    System.out.println(args[0]);        // tutu  
    list.add("world");                  // UnsupportedOperationException  
}
```

Complexités

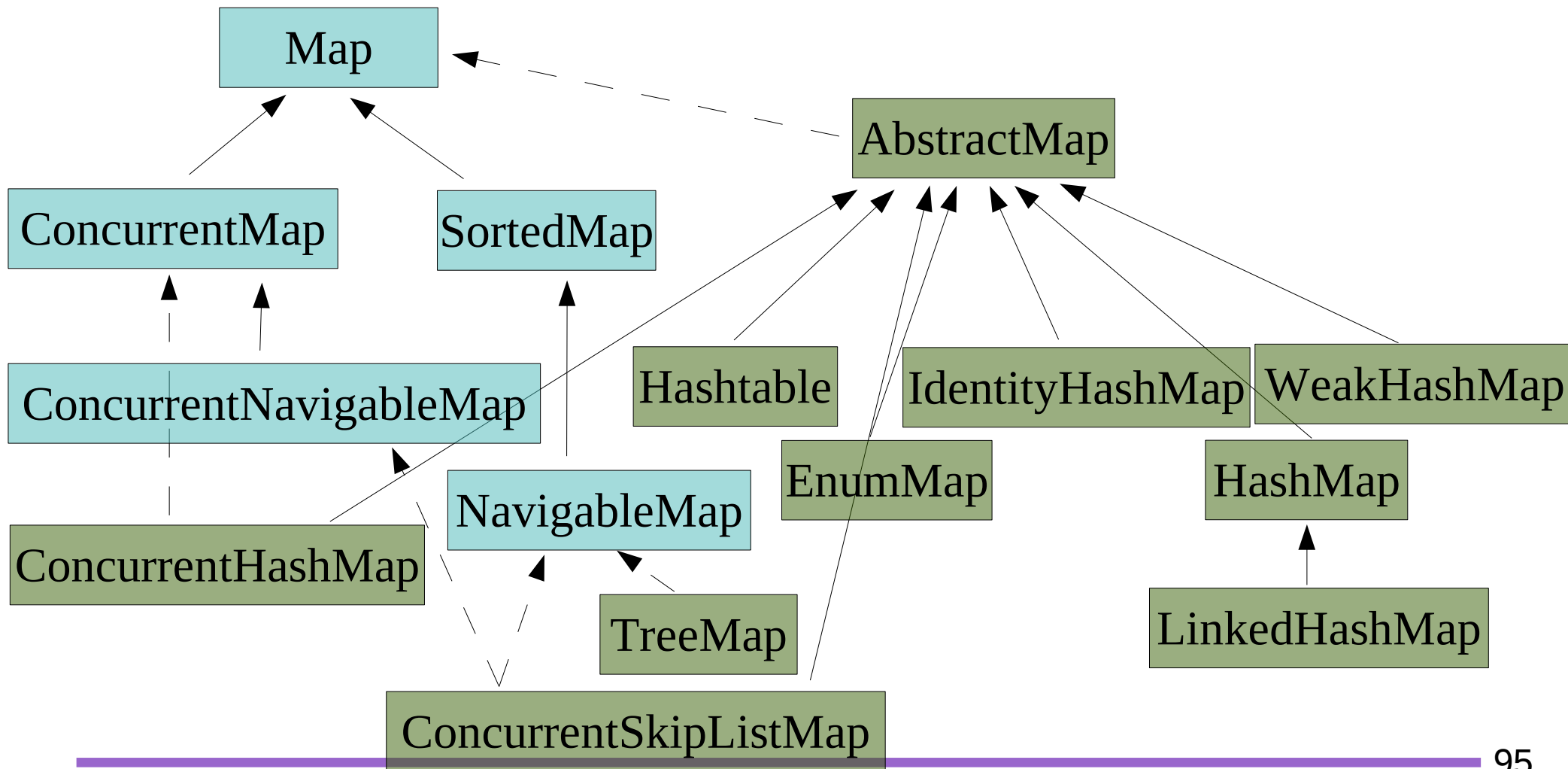
- Complexité des implantations de listes

	size()	clear()	get/set	add(début)	add()fin	remove(int)
ArrayList	O(1)	O(n)	O(1)	O(n)	O(1)	O(n)
COWArrayList	O(1)	O(1)	O(1)	O(n)	O(n)	O(n)
LinkedList	O(1)	O(1)	O(n)	O(1)	O(1)	O(n)

	iterateur	lstdxOf()	Parcours indexé	Parcours iterateur
	add()	indexOf()		
	remove()	contains()		
ArrayList	O(n)	O(n)	O(n) / 2	O(n) / 3
COWArrayList	O(n)	O(n)	O(n) / 1	O(n) / 2
LinkedList	O(1)	O(n)	O(n²)	O(n) / 1

Map

- Association entre une clé et une valeur



Map<K,V>

- Les associations sont des types paramétrés par le type des clés (**K**) et le type des valeurs associées (**V**)
- Toutes les associations sauf exception :
 - acceptent **null** comme clé ou valeur
 - ne permettent pas les accès concurrents
 - Testent si un objet existe ou non par rapport à la méthode **equals()** de l'objet

- L'interface Map définit les méthodes
 - **isEmpty()**, **size()**, **clear***()
 - **put***(), **get()**, **remove***()
 - Opération groupée : **putAll***()
 - Tests : **containsKey()**, **containsValue()**
 - Vues : **keySet()**, **values()**, **entrySet()**

Méthode d'accès

- L'interface Map définit les méthodes d'accès
 - V **put**(K clé, V valeur)
associe une clé à une valeur, renvoie l'ancienne valeur ou null
 - V **get**(Object clé)
demande la valeur pour une clé, null si il n'y a pas d'association
 - boolean **remove**(Object clé)
supprime le couple clé/valeur à partir d'une clé, vrai si l'association a été modifiée

Opération groupée et Test

- L'interface Map définit une seule opération groupée
 - **putAll**(Map<? extends K,? extends V> map)
permet d'insérer des couples dans une association
- Il existe deux opération permettant de tester :
 - **containsKey**(Object clé) qui teste si une clé est présente
 - **containsValue**(Object value) qui teste si une valeur existe
- **containsKey** n'est pas obligatoire si l'on doit faire un `get()` car celui-ci renvoie null

Map.Entry<K,V>

- Interface (interne) définissant un couple clé/valeur.
- Elle est paramétrée par le type de la clé (**K**) et le type de la valeur (**V**)
- Map.Entry possède les méthodes :
 - K **getKey()** : renvoie la clé
 - V **getValue()** : renvoie la valeur
 - V **setValue(V value)** : change la valeur, renvoie l'ancienne

Les Vues

- L'interface Map définit trois vues :
 - Set<K> **keySet()** :
l'ensemble des clés
 - Collection<V> **values()** :
la collection des valeurs
 - Set<Map.Entry<K,V>> **entrySet()** :
l'ensemble des couples clé/valeur
- Toute modification sur la vue est reflétée sur l'association et vice-versa

Exemple d'utilisation de vue

- Calcule la fréquence d'apparition des mots passés en argument

```
public static <T> Map<T,Integer> frequency(List<T> values) {  
    HashMap<T,Integer> map=new HashMap<T,Integer>();  
    for(T v:values) {  
        Integer i=map.get(v);  
        map.put((i==null)?1:i+1);  
    }  
    return map;  
}  
public static void main(String[] args) {  
    Map<String,Integer> map=frequency(Arrays.asList(args));  
    for(Map.Entry<String,Integer> entry:map.entrySet())  
        System.out.printf("%s: %d\n",entry.getKey(),entry.getValue());  
}
```

Implantations

- L'interface Map possède 8 implantations :
 - HashMap
 - HashTable (même implantation que HashMap)
 - LinkedHashMap
 - IdentityHashMap
 - WeakHashMap
 - EnumMap
 - ConcurrentHashMap (ConcurrentMap)
 - ConcurrentSkipListMap (ConcurrentNavigableMap)
 - TreeMap (NavigableMap)

AbstractMap

- Classe de base des Map, manque **entrySet()**

```
public static <T> Map<Integer,T> asMap(final List<T> list) {  
    return new AbstractMap<Integer,T>() {  
        public T get(Object key) {  
            if (!(key instanceof Integer))  
                return null;  
            return list.get(((Integer)key).intValue());  
        }  
        public Set<Map.Entry<Integer,T>> entrySet() {  
            return new AbstractSet<Map.Entry<Integer,T>>() {  
                public int size() {  
                    return list.size();  
                }  
                public Iterator<Map.Entry<Integer,T>> iterator() {  
                    final ListIterator<T> it=list.listIterator();  
                    return new Iterator<Map.Entry<Integer,T>>() {  
                        public boolean hasNext() {  
                            return it.hasNext();  
                        }  
                    }  
                }  
            }  
        }  
    }  
}
```


AbstractMap (2)

- Suite de l'exemple :

```
public Map.Entry<Integer,T> next() {  
    return new SimpleImmutableEntry<Integer,T>(it.nextIndex(),it.next());  
}  
public void remove() {  
    it.remove();  
}  
};  
};  
};  
};  
};
```

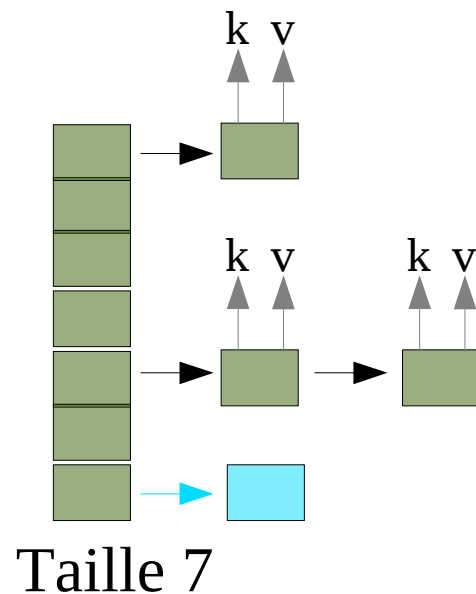
```
// java ListAsMap hello world
public static void main(String[] args) {
    Map<Integer,String> map=asMap(Arrays.asList(args));
    System.out.println(map); // {0=hello, 1=world}
}
```

Map.Entry

- **AbstractMap** possède deux classe implémentant Map.Entry :
 - AbstractMap.**SimpleEntry**<K,V> pour les couples clés/valeurs mutable
 - AbstractMap.**SimpleImmutableEntry**<K,V> pour les couples clés/valeurs non mutable
- Ces classes fournissent une implémentation par défaut pour les Map.Entry

HashMap

- Table de hachage avec liste chaînée pour les collisions se redimensionnant au besoin (*2 si facteur de remplissage atteint)



```
map.put(k,v)  
k.hashCode()= 20  
% 7=6
```

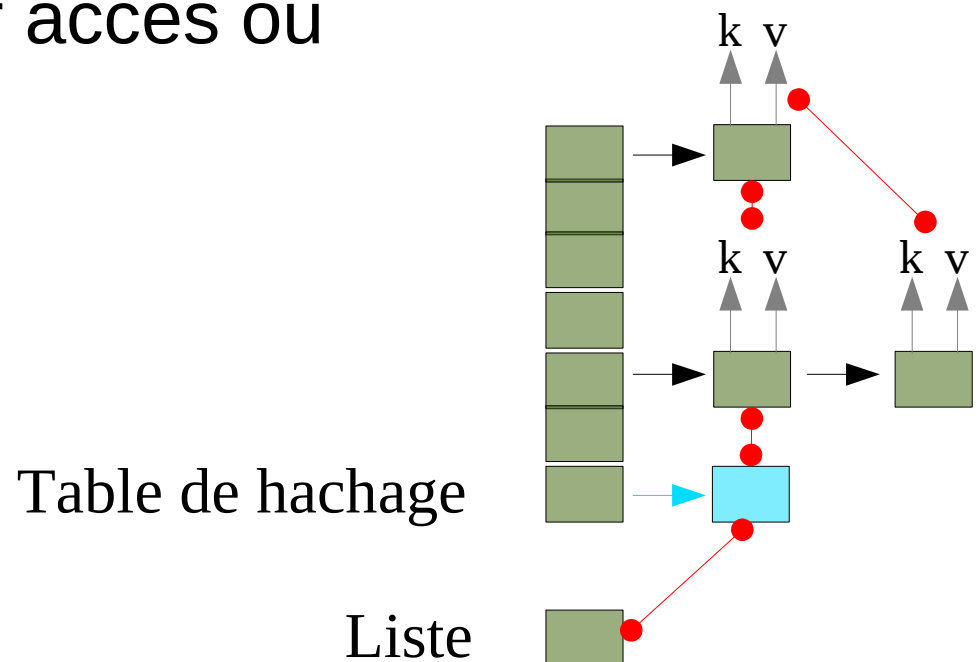
- La table grossit en fonction d'un facteur de remplissage, par défaut 75%

Hashtable

- Ancienne version de HashMap (pre-1.2), a été modifiée pour implanter Map
- N'accepte pas null comme clé
- Synchronisé par défaut (4x plus lent que HashMap)
- Le facteur de redimensionnement est 2
- A n'utiliser que par compatibilité avec des APIs existantes

LinkedHashMap

- Table de hachage + liste doublement chaînée
- Parcours + efficace que **HashMap** mais consomme + de mémoire
- Ordre dans la liste par accès ou par insertion
- L'itérateur utilise la liste



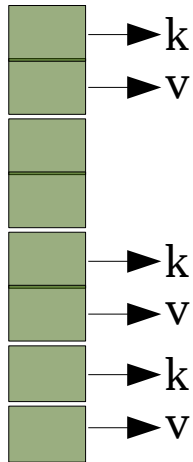
LinkedHashMap (2)

- Il est possible de transformer facilement une LinkedHashMap en cache

```
public class Cache<K,V> extends LinkedHashMap<K,V> {
    public Cache(int maxCacheSize) {
        super(11,0.5f,true); // (capacity,load factor,access/insertion)
        this.maxCacheSize=maxCacheSize;
    }
    protected boolean removeEldestEntry(Map.Entry<K,V> eldest) {
        return size() > maxCacheSize;
    }
    private final int maxCacheSize;
    public static void main(String[] args) {
        Cache<String,String> cache=new Cache<String,String>(3);
        cache.put("annie","dog");
        cache.put("virgil","snake");
        cache.put("jordan","cat");
        cache.get("annie");           // dog
        cache.put("melanie","fish");
        System.out.println(cache); // {jordan=cat, annie=dog, melanie=fish}
    } }
```

IdentityHashMap

- Table de hachage “fermée”, un seul tableau
- Si il y a collision, on utilise une deuxième fonction de hachage



Taille 4

- Utilise `System.identityHashCode()` au lieu de `hashCode()`
- Utilise `==` pour tester l'égalité au lieu de `equals()`

Exemple d'IdentityHashMap

```
public class Node {
    public Node(int number) {
        this.number=number;
    }
    public void add(Node node) {
        nodes.add(node);
    }
    public String toString() {
        Map<Node,?> visited=new IdentityHashMap<Node, Object>();
        return traverse(visited, this, new StringBuilder()).toString();
    }
    private StringBuilder traverse(Map<Node,?> visited, Node node,
                                   StringBuilder builder) {
        if (visited.containsKey(node))
            return builder.append("... ");
        visited.put(node, null); // ok
        builder.append(node.number).append(' ');
        for(Node sub:node.nodes)
            traverse(visited, sub, builder);
        return builder;
    }
    private final int number;
    private final ArrayList<Node> nodes=new ArrayList<Node>();
}

public static void main(String[] args) {
    Node root=new Node(1);
    Node node2=new Node(2);
    Node node3=new Node(3);
    root.add(node2); root.add(node3);
    node2.add(root);
    System.out.println(root);
} // 1 2 - - 3
```

WeakHashMap

- Table de hachage semblable à HashMap mais les clés sont stockées en utilisant des références faibles (*weak*)
- Si la clé n'est pas référencée autre part dans le programme, le couple clé/valeur est supprimé de la table

EnumMap

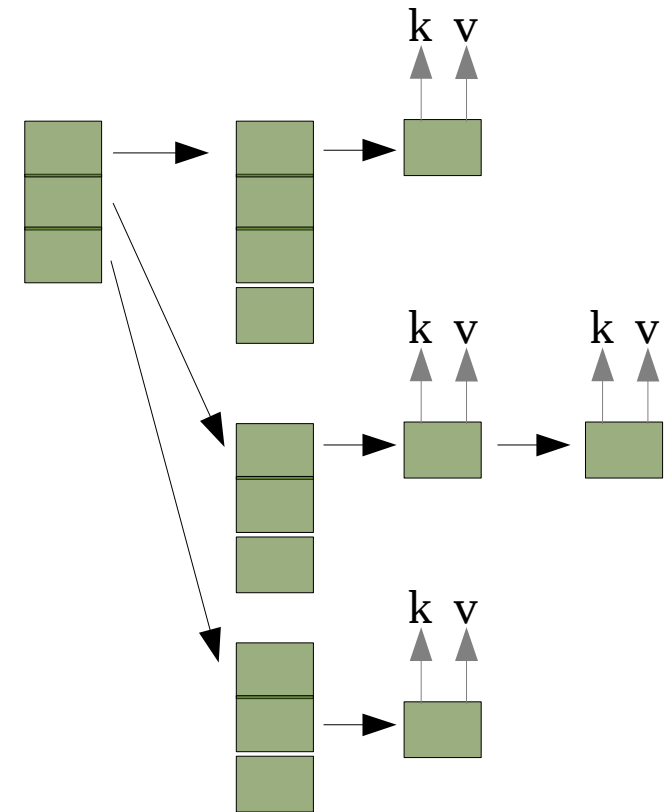
- Map spécialisée permettant d'associer une valeur à une clé qui est une valeur d'une même énumération
- Implanté sous forme d'un tableau non redimensionnable (pas besoin)
- Toutes les opérations possèdent la même complexité que HashMap mais elles sont plus rapides

ConcurrentMap

- Interface des tables de hachage à accès concurrent
 - Ajoute les méthodes :
 - V **putIfAbsent**(K clé, V valeur)
associe la valeur à la clé si la clé n'est pas déjà associée
 - boolean **remove**(Object clé, Object valeur)
supprime un couple clé/valeur
 - V **replace**(K key, V value)
remplace la valeur d'une clé si celle-ci existe
 - boolean **replace**(K key, V ov, V nv)
remplace le couple key/ov par key/nv

ConcurrentHashMap

- Map permettant les accès concurrents (n'utilise pas de synchronized !!)
- Table de Table de hachage
- Chaque sous table possède un verrou ce qui évite de bloquer toute la table lors de deux accès en écriture
- Les accès en lecture ne bloquent pas les sous-tables



SortedMap

- Interface indiquant que l'ensemble des clés est ordonné (par un comparateur)
- Définit les méthodes :
 - `Comparator<? super K> comparator()`
 - `K firstKey(), lastKey()`
 - `SortedMap<K,V> headMap(K),subMap(K,K),tailMap(K)`
- Les sous-ensembles créés sont des vues de l'ensemble de départ

NavigableMap

- Interface dont l'ensemble des clés est ordonné par un comparateur et navigable (**NavigableSet**)
 - **E** **lowerKey**(K k), **floorKey**(K), **higherKey**(K), **ceilingKey**(K)
 - **E** **lowerEntry**(K k), **floorEntry**(K), **higherEntry**(K), **ceilingEntry**(K)
 - Resp. renvoie la clé ou l'entry <, <=, > et >= à k.
 - **Map.Entry** **firstEntry**(), **lastEntry**()
 - Renvoie le premier/dernier entry
 - **Map.Entry** **pollFirstEntry**(), **pollLastEntry**()
 - Renvoie en le supprimant le premier/dernier entry

NavigableMap (2)

- Vues en ordre descendant :
 - NavigableSet<K> **descendingKeySet()**
 - NavigableMap<K,V> **descendingMap()**
- Vue de la NavigableMap :
 - NavigableMap<K,V> **headMap**(K toElement, boolean inclusive)
 - NavigableMap<K,V> **subMap**(K fromElement, boolean fromInclusive, K toElement, boolean toInclusive)
 - NavigableMap<K,V> **tailMap**(K fromElement, boolean inclusive)

TreeMap

- Utilise un arbre rouge/noir et classe les clés en utilisant :
 - Un comparateur
 - Ou l'ordre naturel (`Comparable.compareTo()`)
- L'implantation garantit **$O(\ln n)$** pour l'insertion, la suppression ou la recherche sur l'ensemble des clés

ConcurrentSkipListMap

- Implantation de NavigableMap à base d'un arbre fils gauche/frère droit à deux niveaux
- L'implantation garantit **$O(\ln n)$** pour l'insertion, la recherche ou la suppression
- **size()** n'est pas une opération en temps constant
- Pour **entrySet()**, les Entry produites sont *read-only* (**SimpleImmutableEntry**)

Complexités

- Complexité des implantations de Map

	size()	put/get	vues/iterator
HashMap	O(1)	O(1) / 2	O(n) / 5
LinkedHashMap	O(1)	O(1) / 2	O(n) / 2
IdentityHashMap	O(1)	O(1) / 4	O(n) / 5
WeakHashMap	O(1)	O(1) / 3	O(n) / 6
EnumMap	O(1)	O(1) / 1	O(n) / 1
CrtHashMap	O(n)	O(1) / 5	O(n) / 6
TreeMap	O(1)	O(ln n)	O(n) / 3
ConcSkipListMap	O(n)	O(ln n)	O(n) / 4

- Les valeurs (/ n) spécifient un ordre de vitesse (sur mon ancienne machine !!)

Collections

- La classe `java.util.Collections` contient un ensemble de méthodes statiques permettant :
 - de créer des collections immutables
 - de créer des vues de collections (immutable, checked, synchronisée)
 - de voir une collection comme une autre
 - d'utiliser des algorithmes sur
 - Les collections
 - Les listes

Les Collections Immutables

- Collections sans élément
 - `<T> List<T> emptyList()`
 - `<K,V> Map<K,V> emptyMap()`
 - `<T> Set<T> emptySet()`
- Collections Singleton (1 seul élément/couple)
 - `<T> Set<T> singleton(T élément)`
 - `<T> List<T> singletonList(T élément)`
 - `<K,V> Map<K,V> singletonMap(K clé, V valeur)`

Les Collections Immutables (2)

- Listes d'éléments identiques
 - `<T> List<T> nCopies(int taille, T élément)`

```
public class SmartNode implements Iterable<SmartNode> {
    public SmartNode add(SmartNode node) {
        switch(nodes.size()) {
            case 0:
                nodes=Collections.<SmartNode>singletonList(node);
                break;
            case 1:
                nodes=new ArrayList<SmartNode>(nodes);
            default:
                nodes.add(node);
        }
        return this;
    }
    ...
    private List<SmartNode> nodes=Collections.<SmartNode>emptyList();
}
```

Vues vérifiées de collections

- Vues vérifiées (checked) (1.5)
 - *Collection*<E> *checkedCollection*(*Collection*<E> c, *Class*<E> type)
 - Avec les Interfaces *Collection*/*Set*/*SortedSet*/*List*
 - *Map*<K,V> *checkedMap*(*Map*<K,V> m, *Class*<K> keyType, *Class*<V> valueType)
 - Avec les Interfaces *Map*/*SortedMap*
- Pratique surtout pour débogguer

Exemple de vue vérifiée

- Exemple avec ou sans la vue vérifiée

```
public static void main(String[] args) {
    List<String> list=new ArrayList<String>();
    // scénario 2, ajout de cette ligne
    list=Collections.checkedList(list,String.class);

    Collections.addAll(list,args);

    List<? super Integer> iList=
        (List<? super Integer>)(List<?>)list; // unsafe

    iList.add(3);
    // 2. ClassCastException: Attempt to insert class Integer element
    // 2. into collection with element type class String

    for(String s:list) // 1. ClassCastException
        System.out.println(s.length());
}
```

Vues immutables de collections

- Vues immutables
 - `<T> Collection<T> unmodifiableCollection(Collection<? extends T> c)`
 - `<K,V> Map<K,V> unmodifiableMap(Map<? extends K, ? extends V> m)`

Exemple de vue immutable

- Permet de renvoyer des collections immutables

```
public class MyNode {
    public void add(MyNode node) {
        nodes.add(node);
    }
    public List<MyNode> children() {
        return unmodifiableNodes;
    }
    private List<MyNode> nodes=new LinkedList<MyNode>();
    private final List<MyNode> unmodifiableNodes=
        Collections.<MyNode>unmodifiableList(nodes);
    public static void main(String[] args) {
        MyNode root=new MyNode();
        ...
        for(MyNode node:root.children())
            System.out.println(node);
        root.children().set(0,new MyNode()); //UnsupportedOperationException
    }
}
```

Vues synchronisées

- Vues synchronisées
 - `<T> Collection<T> synchronizedCollection(Collection<? extends T> c)`
 - `<K,V> Map<K,V> synchronizedMap(Map<? extends K, ? extends V> m)`
- Pas très utile, utiliser plutôt :
 - Des blocs `synchronized` là où il faut
 - Des collections concurrentes

Exemple de vue synchronisée

- Attention à synchronizer l'iterateur !!

```
final List<Integer> list=Collections.synchronizedList(
    new ArrayList<Integer>());
final Random random=new Random();
final ScheduledExecutorService service=Executors.newScheduledThreadPool(2);
service.scheduleAtFixedRate(new Runnable() {
    public void run() {
        list.add(random.nextInt(1000));
    }
},0,3,TimeUnit.MILLISECONDS);
service.scheduleAtFixedRate(new Runnable() {
    public void run() {
        synchronized(list) { // obligatoire !!
            for(int value:list)
                if (value==100) {
                    System.out.println(list.size());
                    service.shutdownNow();
                    return;
                }
        }
    }
},0,1000,TimeUnit.MILLISECONDS); }
```

Voir une ... comme une

- Créer un Set à partir d'une Map (1.6):
 - `<E> Set<E> newSetFromMap(Map<E, Boolean> map)`
la Map doit être vide et ne plus être accédée

Permet de créer un Set pour les implantation de Map

```
Set<String> weakHashSet = Collections.newSetFromMap(  
    new WeakHashMap<String, Boolean>());
```

- Voir un **Deque** comme une **Queue** (1.6)
 - `<T> Queue<T> asLifoQueue(Deque<T> deque)`
l'insertion s'effectue en tête et la suppression en queue

Algorithmes sur les collections

- Collections contient 3 algorithmes sur les collections :
 - boolean **disjoint**(Collection<?> c1, Collection<?> c2)
test si l'intersection est vide
 - int **frequency**(Collection<?> c, Object o)
renvoie le nombre d'occurrence d'un objet
 - T **max/min**(Collection<? extends T> coll, Comparator<? super T> comp)
renvoie le maximum/minimum d'une collection

Algorithmes sur les listes

- Et 10 algorithmes sur les listes
 - Recherche dichotomique
 - `<T> int binarySearch(List<? extends T> list, T key, Comparator<? super T> c)`
 - Trie
 - `<T> void sort(List<T> list, Comparator<? super T> c)`
 - Remplissage de liste
 - `<T> void fill(List<? super T> list, T obj)`
 - Copie de liste
 - `<T> void copy(List<? super T> dest, List<? extends T> src)`

Algorithmes sur les listes

- Inverser un liste
 - void **reverse**(List<?> list)
- Recherche de sous-liste
 - int **indexOfSubList**(List<?> source, List<?> target)
 - int **lastIndexOfSubList**(List<?> source, List<?> target)
- Remplacement d'un élément par un autre
 - <T> boolean **replaceAll**(List<T> list, T oldVal, T newVal)
- Déclage à droite ou à gauche
 - void **rotate**(List<?> list, int distance)
- Mélange aléatoire
 - void **shuffle**(List<?> list, Random rnd)

En résumé

- Choisir pour l'algorithme que vous voulez implémenté
 - 1) l'interface à utiliser (List, Set, Queue, Deque, Map)
 - 2) Puis l'implantation
 - 3) Si vous hésitez entre deux implantations :
 - faire un test en vrai grandeur (pas un micro-test)