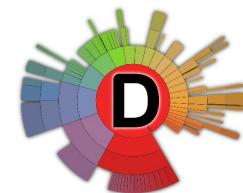


PROG - ESIR 1

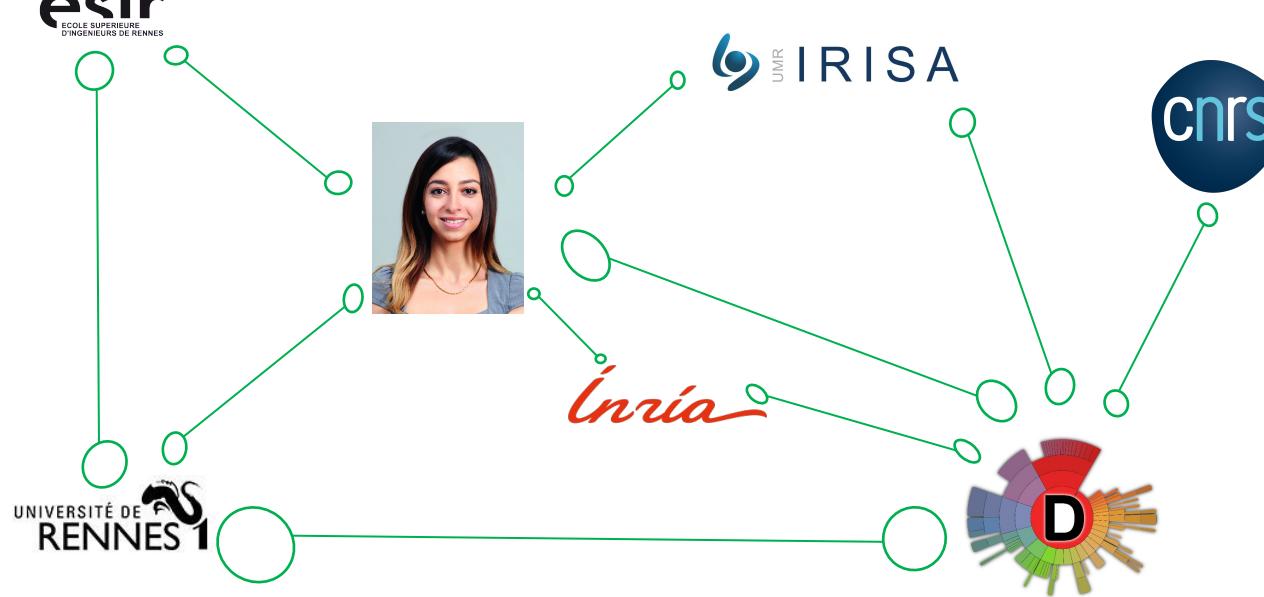
Cours programmation

Septembre 2021



Qui suis-je ?

- **Maître de Conférences @ Université de Rennes 1**
 - DiverSE team (University of Rennes, IRISA, Inria)



🌐 <https://stephaniechallita.github.io/>

🌐 <https://www.diverse-team.fr/>



DiverSE team

- Software engineering group in Rennes
- Software languages, architecture, simulation, variability, testing, resilience eng.
- Applied to smart, heterogeneous, and distributed systems
- ~ 30 members: 9 prof/assoc. prof/researchers, 20 PhD students, 3 postdocs, 1 RSE
- Empirical software approach
- Strong contractual activity with industry

Introduction : objectifs du cours

- Concepts de la programmation orientée objet
- Mécanismes et fonctionnement des concepts objets : classes, abstraction, liaisons tardives, polymorphisme
- Structures de données standards
- Pratique et implémentation en Java

Introduction : pourquoi est-ce important ?

- La programmation orientée objet est très utilisée et puissante
- Briques de base pour des prochains cours plus avancés : patrons de conceptions, méthodes de développement industrielles, architecture logicielle, etc.

Introduction : organisation du module

- 5 Cours magistraux
- 4 TPs sur 13 séances
- 2 TDs sur 4 séances

Introduction : modalités d'évaluation

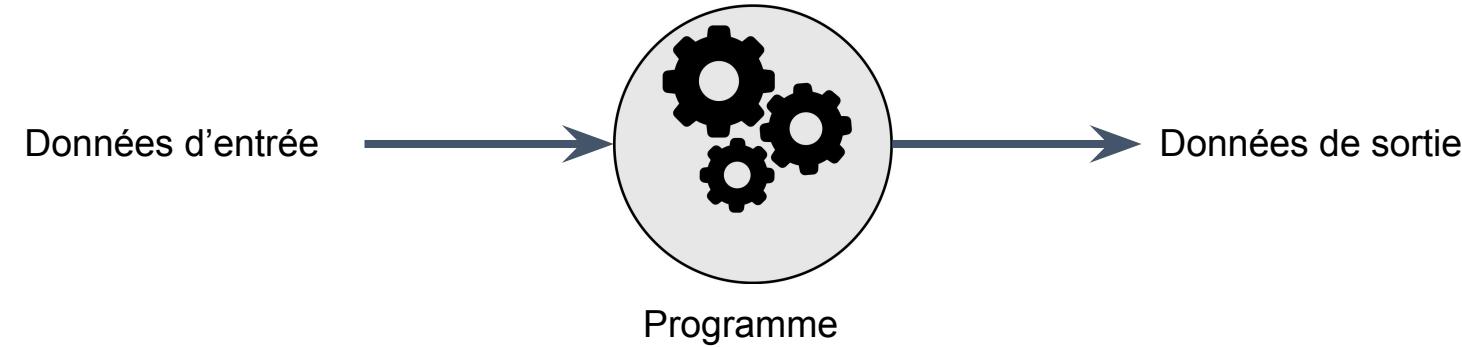
- 2 Devoirs :
 - 28/09/2021 (sur machine)
 - 26/10/2021 (sur table)
- 1 Contrôle TP :
 - 29/10/2021

Table des matières

- Rappel de programmation
- Classes et Objets
- Interfaces et Implémentations
- Généricité
- Structures de données
- Héritage

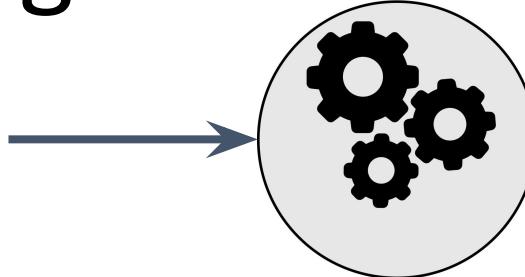
Rappel de programmation

Qu'est-ce qu'un programme ?



Exemples de programmes

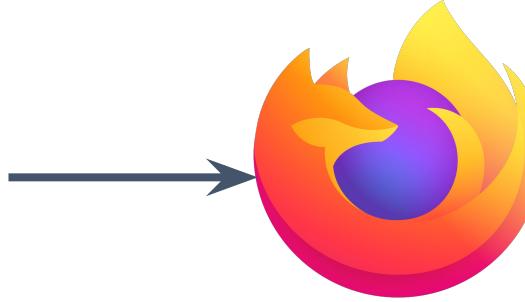
Données d'entrée : "(3 + 4) * 5"



"35" est la sortie du programme

Calculatrice

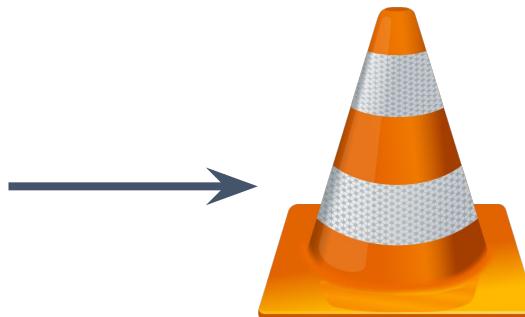
Données d'entrée : Clics de souris et saisies au clavier



Navigation sur des pages internet,
Communication avec des services numériques distants

Navigateur
Firefox

Données d'entrée : fichiers sons (mp3) ou vidéos (mp4)



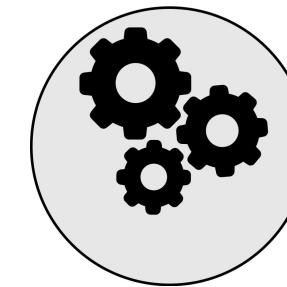
Jeu du son et des images vidéos en fonction du fichier donné en entrée

VLC media
player
Stéphanie Challita

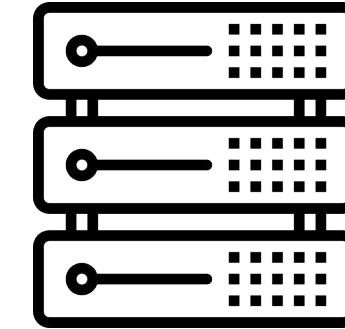
Programmation



Fichiers sources



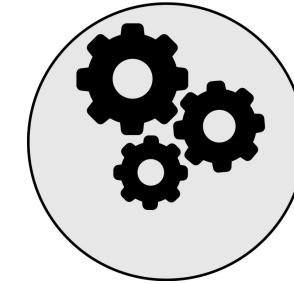
Compilateur ou
Interpréteur



Machine

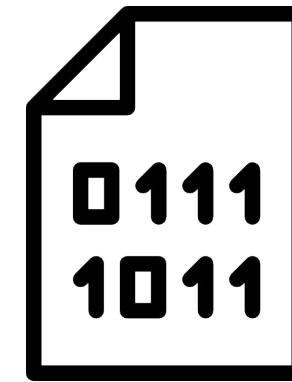
Compilation

Compilateur



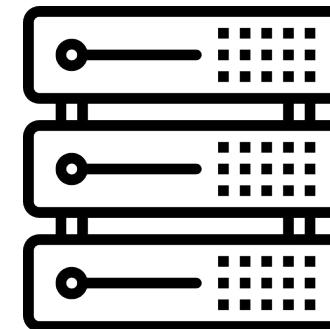
Fichiers sources

Compile



Fichiers binaires

Exécute

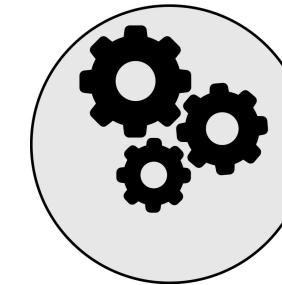


Machine
Stephanie Challita

Interprétation

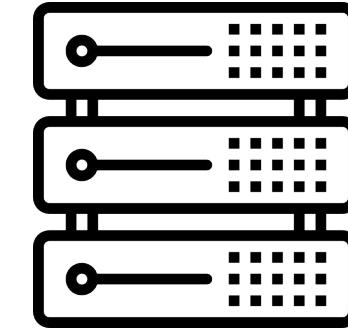


Fichiers sources



Interpréteur

Exécute

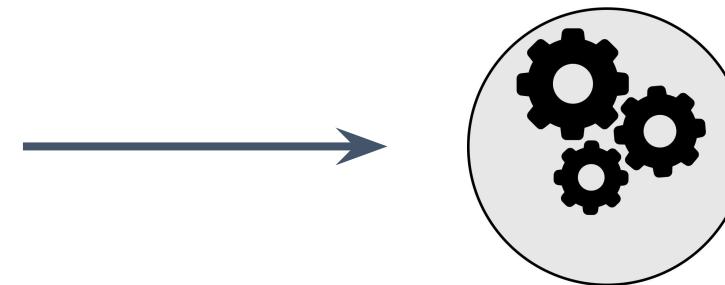


Machine

Compilation en Java

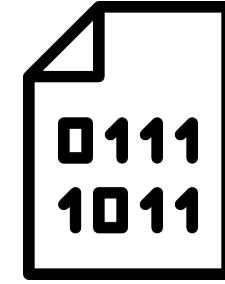


Fichiers sources
.java

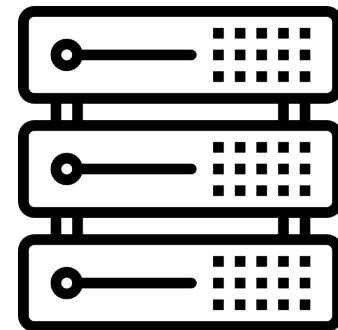


Compilateur
Java

Compile

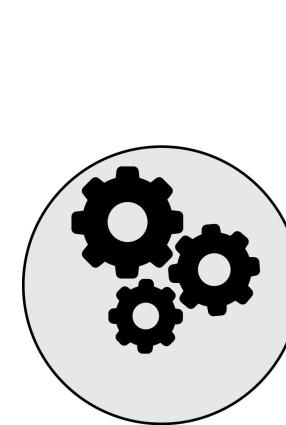


Fichiers binaires
.class



Machine

Exécute



Machine Virtuelle
Java (JVM)

Lignes de commande

```
1 # Produit MyFile.class
2 $ javac MyFile.java
3 # Exécute MyFile.class
4 # (dans la ligne de commande, on ne précise pas le .class)
5 $ java MyFile
6 # Avec des dependances :
7 # le répertoire bin contient des fichiers .class
8 # requis pour compiler mon fichier
9 $ javac --classpath bin/ MyFile.java -d bin/
10 # Idem pour l'exécution (-cp est un raccourcis pour --classpath)
11 $ java -cp bin/ MyFile
```

Rappel Langage Java : variables

```
1 public class MyFile {  
2  
3     public static void main(String[] args) {  
4         int x = 10;  
5         String s = "Message";  
6         int y = x + 10;  
7         System.out.println(s + y);  
8     }  
9 }  
10 }
```

- 3 Variables :
 - x = 10
 - s = "Message"
 - y = 20
- Affiche "Message20"

Rappel Langage Java : tableaux

```
1 int[] tableau = new int[5];  
2 // tableau = [0, 0, 0, 0, 0]  
3 tableau[0] = 10;  
4 // tableau = [10, 0, 0, 0, 0]  
5 tableau[1] = tableau[0] * 2;  
6 // tableau = [10, 20, 0, 0, 0]  
7 tableau[10] = -1;  
8 // Erreur : 10 >= tableau.length  
9 tableau = new int[] {1}  
10 // tableau = [1]
```

- Déclaration d'un nouveau tableau
- Taille du tableau entre [] -> 5
- Accède au premier élément avec [0]
- Les indices vont de 0 à taille - 1
- taille = tableau.length

Rappel Langage Java : structure de contrôle if/then/else

```
1 int x = ?;
2 int y;
3 if (x == 5) {
4     y = x * 2;
5 } else if (x > 10) {
6     y = x;
7 } else {
8     y = -1;
9 }
10 System.out.println(x + ";" + y);
```

- Si x est égale à 5, alors $y = x^2 = 5^2 = 10$
- Sinon, si x est supérieur à 10, alors $y = x$
- Sinon $y = -1$
- Suivant x , on aura :
 - “5;10” si $x == 5$
 - “ $x;x$ ” si $x > 10$
 - “ $x;-1$ “ sinon

Rappel Langage Java : structure de contrôle boucle pour i

```
1  for (int i = 0 ; i < tableau.length ; i++) {  
2      tableau[i] = i;  
3  }
```

Initialisation de la valeur de la boucle **i = 0**

Condition d'arrêt
Tant que **i** est < à la taille du tableau

Mise à jour
On augmente de 1 la valeur de **i** à chaque fin de tour de boucle

Rappel Langage Java : structure de contrôle boucle tant que

```
1 while(i < tableau.length){  
2     tableau[i] = i;  
3     i++;  
4 }
```

Condition d'arrêt

Mise à jour externe à la syntaxe de la boucle

Rappel Langage Java : fonctions

```
1 public static void function() {  
2     int x = twice(10);  
3     // x = 20  
4     System.out.println(parameter);  
5     // error  
6 }  
7 public static int twice(int parameter) {  
8     System.out.println(parameter);  
9     return parameter * 2;  
10 }
```

Appel

- Appel à la fonction **twice()**
- Déclaration de la fonction **twice()**

Rappel Langage Java : paramètres et valeur de retour

```
1 public static void function() {  
2     int x = twice(10);  
3     // x = 20  
4     System.out.println(parameter);  
5     // error  
6 }  
7 public static int twice(int parameter) {  
8     System.out.println(parameter);  
9     return parameter * 2;  
10 }
```

- Affectation de la valeur de retour à une variable
- Type de retour
- Paramètre de la fonction
- Valeur renournée
- Signature de fonction : type de retour, nom et paramètres

Rappel Langage Java : portée

```
1 public static void function() {  
2     int x = twice(10);  
3     // x = 20  
4     System.out.println(parameter);  
5     // error  
6 }  
7 public static int twice(int parameter) {  
8     System.out.println(parameter);  
9     return parameter * 2;  
10 }
```

parameter n'est pas accessible depuis la fonction function

Rappel Langage Java : point d'entrée

```
1 public class MyFile {  
2  
3     public static void main(String[] args) {  
4         int x = 10;  
5         String s = "Message";  
6         int y = x + 10;  
7         System.out.println(s + y);  
8     }  
9  
10 }
```

Point d'entrée du programme : méthode “main”

Rappel Langage Java : gestion des erreurs

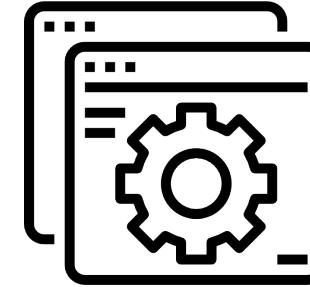
```
1 public static int functionWithThrows(int parameter)
2     throws IllegalArgumentException {
3     if (parameter < 0) {
4         throw new IllegalArgumentException(
5             "parameter doit être >= 0"
6         );
7     }
8     // contenu de la fonction
9 }
10 public static void function() {
11     int x = ?
12     try {
13         functionWithThrows(x)
14     } catch (IllegalArgumentException e) {
15         // affichage du problème
16         // traitement de l'erreur
17         // procédure de rétablissement
18     }
19 }
```

- Déclaration d'Exception potentielle
- Lancement d'une nouvelle Exception
- L'appel de la fonction est enveloppé par **try / catch**
- Code de traitement de l'erreur

Rappel : Principe des Tests Unitaires



Exécute



Tests Unitaires

- ✓ Test réussit ->
Fonctionnalité codée
sans bug

Programme

- ✗ Test échoue ->
Fonctionnalité contenant un
bug

- 1 test unitaire pour
1 fonctionnalité

Rappel : JUnit Tests pour Java

```
1 public class CalculTest {  
2     @Test  
3     public void testTwice() {  
4         int x = 10;  
5         int result = twice(x);  
6         assertEquals(20, result);  
7     }  
8 }
```

- Déclaration d'une fonction de test
- Nommage pour indiquer la fonctionnalité testée
- Données d'entrée du test
- Vérification de la valeur renournée

Classes et Objets

Motivation : simulation de robot sur carte

```
1 public static void main(String[] args) {  
2     // Coordonnées du robot  
3     int x = rand.nextInt(N);  
4     int y = rand.nextInt(N);  
5  
6     // Capacité de la batterie du robot  
7     final int capBattery = 100;  
8     int currentBattery = capBattery;  
9  
10    // Énergie consommée pour avancer et tourner  
11    final int consForward = 5;  
12    final int consTurn = 1;  
13  
14    // Direction du Robot  
15    Direction dirRobot = Direction.NORTH;  
16  
17    // ... Traitement  
18 }
```

Coordonnées initiales du robot

Énergie max et courante

Consommation d'énergie pour avancer et pour tourner

Direction initiale du robot

Enumération

```
1 public enum Direction {  
2     NORTH, EAST, SOUTH, WEST  
3 }  
4 //...  
5 Direction dir = Direction.NORTH;  
6 dir = Direction.EAST;  
7 dir = Direction.SOUTH;  
8 dir = Direction.WEST;  
9 switch (dir) {  
10     case Direction.NORTH:  
11         System.out.println("NORTH");  
12         break;  
13     case Direction.EAST:  
14         System.out.println("EAST");  
15         break;  
16     //...  
17 }
```

Définition d'énumération

Valeurs possibles

Déclaration et affectations

Switch sur une énumération

Pour chaque cas, un algo est défini

Motivation : simulation de robot sur carte

```
1 // Si suffisament d'énergie
2 if (currentBattery >= consForward) {
3     // On change les coordonées en fonction
4     // de la direction du robot
5     switch dirRobot {
6         case Direction.NORTH:
7             y--;
8             break;
9         case Direction.EAST:
10            x++;
11            break;
12            ...
13    }
14    // Mise à jour de l'énergie du robot
15    currentBattery -= consForward
16 }
```

- Condition pour avancer : avoir suffisamment d'énergie
- Test de la direction courante du robot
- Mise à jour de la position du robot en fonction de sa direction
- Mise à jour du niveau courant de batterie

Motivation : critique du code

- Pas de séparation entre traitement et données
- Difficultés de découpage en fonctions
- Évolutivité compliquée
- Pas de lien entre les données : éparpillement des données, cohérence des données difficile
- Lourd à gérer : Manipulation de **N** robots => remplacer chaque variable par un tableau de taille **N**

Solution : l'Objet !

- Encapsuler les données dans une même entité : **un objet**
- Fournir des opérations abstraites permettant le traitement et le maintien de la cohérence des données
- Les objets “Robot” regroupent, cachent et maintiennent la cohérence des données qui composent un robot
- Les objets “Robot” fournissent des opérations abstraites pour manipuler les Robots : avancer(), tourner(), status(), etc.

C'est quoi un type ?

- Définit :

- L'ensemble des valeurs pour le type
- L'ensemble des opérations pour le type

- Exemples :

- int : valeur comprise entre -2^{32} et $+2^{32}$, $[+, -, *, %, /, \dots]$ sont les opérations possibles
- int[] : taille comprise entre 0 et $+2^{32}$, `[.length]` est une opération possible
- String : $([aA-zZ]|[0-9]^*)^*$, `[.size(), +, \dots]` comme opérations possibles

Les Classes : les types des objets

- Les classes définissent les types des objets
- Définition des **méthodes** et des traitements
 - Le **comportement** des objets
- Définition des données nécessaires à la réalisation des traitements
 - L'**état** des objets
- Le **comportement** agit sur l'**état** et l'**état** influence le **comportement**

Class Robot : définition

```
1 public class Robot {  
2     // ...  
3 }  
4  
5 }
```

- Définition d'une nouvelle classe **Robot**
- Implémentation de la classe robot entre {} : données et comportement
- Une classe Java par fichier Java : ici la classe Robot est dans le fichier **Robot.java**

Class Robot : attributs

```
1 // ...
2
3 private int x;
4 private int y;
5 private int currentBattery;
6 private Direction currentDirection;
7
8 // ...
```

- Définition des données composant l'état d'un robot : les attributs
- **private** définit la “visibilité” de l'attribut

Class Robot : visibilité

- Visibilité : définition de la permission d'accès
- **sans visibilité** : accessible par les objets du package
- **public** : accessible par tous les objets
- **private** : accessible par les objets du type
- **protected** : accessible par les objets du package et “les classes filles”
- Bonne pratique : attributs toujours en privé

Class Robot : constructeurs

```
1 // ...
2
3 public Robot() {
4     this.x = 0;
5     this.y = 0;
6     this.currentDirection = Direction.NORTH;
7     this.currentBattery = CAP_BATTERY;
8 }
9
10 public Robot(int x, int y, Direction direction) {
11     this.x = x;
12     this.y = y;
13     this.direction = direction;
14     this.currentBattery = CAP_BATTERY;
15 }
16
17 // ...
```

Porte le même nom que la classe

Visibilité

∅ de type de retour (même pas void)

Avec ou sans paramètre

Class Robot : constructions

```
1 public static void main(String[] args) {  
2     Robot r2d2 = new Robot();  
3     Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
4     // ...
```

- Variable de type Robot nommée **r2d2**
- Variable de type Robot nommée **c3p0**
- “Instanciation”** d'un nouveau robot sans paramètre
- “Instanciation”** d'un nouveau robot avec paramètres

Class Robot : méthode forward()

```
1 // ...
2 public void forward() {
3     if (this.canForward()) {
4         switch this.dirRobot {
5             case Direction.NORTH:
6                 y--;
7                 break;
8             case Direction.EAST:
9                 x++;
10                break;
11            // ...
12        }
13        currentBattery -= consForward;
14    }
15 }
16 public boolean canForward() {
17     return currentBattery >= consForward;
18 }
```

Nom de la méthode

Visibilité

▪ Body (lignes 3 à 14 pour **forward()**)

Type de retour

▪ Avec ou sans paramètre

Class Robot : méthode forward()

```
1 // ...
2 public void forward() {
3     if (this.canForward()) {
4         switch this.dirRobot {
5             case Direction.NORTH:
6                 y--;
7                 break;
8             case Direction.EAST:
9                 x++;
10                break;
11            // ...
12        }
13        currentBattery -= consForward
14    }
15 }
16 public boolean canForward() {
17     return currentBattery >= consForward
18 }
```

Usage des attributs de l'objet -> les valeurs des attributs influent sur le comportement de l'objet

Class Robot : méthode forward()

```
1 // ...
2 public void forward() {
3     if (this.canForward()) {
4         switch this.dirRobot {
5             case Direction.NORTH:
6                 y--;
7                 break;
8             case Direction.EAST:
9                 x++;
10                break;
11             // ...
12         }
13         currentBattery -= consForward;
14     }
15 }
16 public boolean canForward() {
17     return currentBattery >= consForward;
18 }
```

Appel de méthode depuis
une autre méthode

Class Robot : utilisation

```
1 Robot r2d2 = new Robot();
2 while (r2d2.canMoveForward()) {
3     r2d2.forward();
4 }
```

Appel de méthode sur un
objet avec le ‘.’

Class Robot : accès aux attributs privés

```
1 r2d2.currentDirection;
```

Impossible ! Erreur de compilation

Class Robot : accesseurs ou getters

```
1 public Direction getCurrentDirection() {  
2     return this.currentDirection;  
3 }
```

Retourne l'attribut

Nom de la méthode :
get + nom de l'attribut

Class Robot : mutateurs ou setters

```
1 public void setCurrentDirection(Direction currentDirection) {  
2     this.currentDirection = currentDirection;  
3 }
```

Nom de la méthode :
set + nom de l'attribut

Mise à jour de l'attribut

Paramètre :
nouvelle valeur de l'attribut

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

Mémoire

x	0
y	0
currentBattery	100
currentDirection	NORTH

Mémoire

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```



x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

Mémoire

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

r2d2

c3p0

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

Mémoire

x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

r2d2

c3p0

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

Mémoire

x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

r2d2, bb8

c3p0

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

Mémoire

x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

bb8

c3p0, r2d2

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

Mémoire

x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

bb8, c3p0

r2d2

Mémoire

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

x	0	x	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

bb8, c3p0, r2d2

Mémoire

Concept Objet : références

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = r2d2;  
4 r2d2 = c3p0;  
5 c3p0 = bb8;  
6 r2d2 = c3p0;
```

x	0	*	23
y	0	ȳ	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

bb8, c3p0, r2d2

Stéphanie Challita

Questions !

```
1 Robot r2d2 = new Robot();
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);
3 Robot bb8 = r2d2;
4 r2d2 = c3p0;
5 c3p0 = bb8;
6 r2d2 = c3p0;
7 r2d2.setCurrentDirection(Direction.SOUTH);
8 System.out.println(c3p0.getCurrentDirection());
9 System.out.println(bb8.getCurrentDirection());
```

Mémoire

Concept Objet : références null

```
1 c3p0 = null;  
2 r2d2 = null;  
3 bb8 = null;
```

x	0	*	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

bb8, r2d2

Mémoire

x	0	*	23
y	0	y	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH

bb8

Mémoire

Concept Objet : références null

```
1 c3p0 = null;  
2 r2d2 = null;  
3 bb8 = null;
```

*	θ	*	23
γ	θ	γ	32
currentBattery	100	currentBattery	100
currentDirection	NORTH	currentDirection	SOUTH



Concept Objet : appel de méthode sur référence null

```
1 bb8 = null;  
2 while (bb8.canMoveForward()) {  
3     bb8.forward();  
4 }
```

- Appel de méthode sur une variable null => Erreur:
NullPointerException!

Programmation objet : vocabulaire

- Une **classe** est un type d'**objet**
- Une **objet** ou une **instance** est une “occurrence” d’une **classe**
- Les **attributs** sont les données d’un **objet**, définis par la **classe**
- Les **méthodes** implémentent le comportement des objets
- Les **membres** d’une classe sont ses attributs et ses méthodes
- Une **variable** objet est une référence vers un **objet**

Le mot-clé **this**

```
1 private Direction currentDirection;  
2  
3 public void setCurrentDirection(Direction currentDirection) {  
4     this.currentDirection = currentDirection;  
5 }
```

Préfixer le nom avec **this** pour lever l'ambiguité et spécifier que l'on veut l'attribut

Attribut et Paramètre ont le même nom : **“currentDirection”**

Méthodes standards des objets

- Les méthodes standards :

- **boolean equals(Object o)** : permet de tester si deux objets égaux
- **String toString()** : permet d'afficher sur la sortie standard l'objet

Méthode standard : equals()

```
1 public boolean equals(Object that) {  
2     if (that == null || !that instanceof Robot) {  
3         return false;  
4     }  
5     Robot thatRobot = (Robot)that;  
6     return this.x == thatRobot.x &&  
7         this.y == thatRobot.y &&  
8         this.currentDirection == thatRobot.currentDirection &&  
9         this.currentBattery == thatRobot.currentBattery;  
10 }
```

- Renvoie true quand les objets sont égaux
- Par défaut, Java compare les adresses mémoire
- En implémentant la méthode equals(Object that), on spécifie comment comparer deux objets.
- Classiquement, on compare tous les champs

Méthode standard : equals()

```
1 public boolean equals(Object that) {  
2     if (that == null || !that instanceof Robot) {  
3         return false;  
4     }  
5     Robot thatRobot = (Robot)that;  
6     return this.x == thatRobot.x &&  
7             this.y == thatRobot.y &&  
8             this.currentDirection == thatRobot.currentDirection &&  
9             this.currentBattery == thatRobot.currentBattery;  
10}
```

Si le paramètre est null, ou n'est pas un Robot

Alors les objets ne sont pas égaux

• Sinon, tous les attributs doivent être égaux pour que les objets soient égaux

Méthode standard : equals() usage

```
1 Robot r2d2 = new Robot();  
2 Robot c3p0 = new Robot(23, 32, Direction.SOUTH);  
3 Robot bb8 = new Robot();  
4 System.out.println(r2d2.equals(c3p0));  
5 System.out.println(r2d2.equals(r2d2));  
6 System.out.println(r2d2.equals(bb8));  
7 System.out.println(r2d2.equals(null));  
8 System.out.println(r2d2.equals(""));
```

faux

vrai

vrai

faux

faux

faux

Méthode standard : `toString()`

```
1 public String toString() {  
2     return "(" + this.x + ";" + this.y +  
3             ") : " + this.currentDirection +  
4             " [ " + this.currentBattery + " ]"  
5 }
```

- Formate et transforme les attributs en chaîne de caractères

Méthode standard : `toString()` usage

```
1 Robot r2d2 = new Robot();
2 String r2d2AsString = r2d2.toString();
3 System.out.println(r2d2AsString);
4 System.out.println(r2d2);
```

Affiche l'objet sous forme de chaîne

Appel à `toString()` implicite et géré par Java

- Output:

“(0 ; 0) : NORTH [100]”
“(0 ; 0) : NORTH [100]”

Le mot-clé static

```
1 private static final int CAP_BATTERY = 100;
2 public static int generateRandomBattery() {
3     return new Random().nextInt(CAP_BATTERY);
4 }
5 public Robot(boolean random) {
6     // ...
7     if (!random) {
8         this.currentBattery = CAP_BATTERY;
9     } else {
10        this.currentBattery = generateRandomBattery();
11    }
12 }
13 public static void main(String[] args) {
14     new Robot(23, 32, Direction.SOUTH,
15     Robot.generateRandomBattery());
16 }
```

Déclaration de constante avec static

Déclaration de méthode de classe

Usage de la constante et de la méthode static dans une instance

Usage hors de l'instance

Interfaces et Implémentations

Problématique

- On a des objets de la vie de tous les jours :
 - **Papier, Bouteille, Pile**, etc.
- Ces objets ont des comportements différents :
 - **déchirer le Papier**
 - **écraser la Bouteille**
 - **etc...**
- **Mais !** Tous ces objets sont recyclables :
 - **recycler le Papier**
 - **recycler la Bouteille,**
 - **etc...**

Problématique : en classe Java

```
1 public class Paper {  
2     public void tear() { /* ... */ }  
3     public void recycling() {  
4         System.out.println("Recycling Paper");  
5     }  
6 }  
7 public class Bottle {  
8     public void crush() { /* ... */ }  
9     public void recycling() {  
10        System.out.println("Recycling Bottle");  
11    }  
12 }
```

Problématique : ce que l'on souhaite faire

- On souhaite par exemple, pouvoir programmer le recyclage de l'ensemble des objets contenus dans une “poubelle”
- Cette poubelle est représentée par un tableau d'objet
 - **Papier, Bouteille, Pile**, etc.
- En Java :

```
1  for (int i = 0 ; i < trash.length ; i++) {  
2      trash[i].recycling();  
3  }
```

Problématique

- En Java :

```
1  for (int i = 0 ; i < trash.length ; i++) {  
2      trash[i].recycling();  
3  }
```

- Comment coder cet ensemble d'objet de type **T**, qui permet d'écrire :

```
1  T[] trash = new T[/** ... **/];
```

Comment faire ? Il faut définir T

```
1 T[] trash = new T[2];
2 trash[0] = new Paper();
3 trash[1] = new Bottle();
4 for (int i = 0 ; i < trash.length ; i++) {
5     trash[i].recycling();
6 }
```

- Le Type **T** doit pouvoir :
 - Recevoir des référence d'objet de type **Paper** et de type **Bottle**
 - Doit permettre l'appel de la méthode recycling

Solutions :

- Une nouvelle classe **Unique** pour représenter les **Paper** et les **Bottle** ?

```
1 Unique paper = new Unique();  
2 Unique bottle = new Unique();
```

- Problème : Comment distinguer les objets **Paper** des objets **Bottle** ?
 - gestion des attributs ? des méthodes spécifiques de chacun ?
 - **Impossible**

Solutions : l'Interface objet

- Interface : déclare la signature de méthodes publiques
 - Ø d'attribut, Ø de body, Ø de méthodes privées
 - **Impossible** d'instancier une Interface !

- Une classe **implémente** une interface :
 - Définition du corps des méthodes déclarées dans l'interface
 - **Polymorphisme**

Interface Recyclable

```
1 public interface Recyclable {  
2     public void recycling();  
3 }  
4 public class Paper implements Recyclable {  
5     public void tear() { /* ... */ }  
6     public void recycling() {  
7         System.out.println("Recycling Paper");  
8     }  
9 }  
10 public class Bottle implements Recyclable {  
11    public void crush() { /* ... */ }  
12    public void recycling() {  
13        System.out.println("Recycling Bottle");  
14    }  
15 }
```

- Déclaration de l'interface **Recyclable**:
 - signature de la méthode **recycling**
- Implémentation dans la classe Paper:
 - Implémentation de **recycling**
- Implémentation dans la class Bottle:
 - Implémentation de **recycling**

Interfaces : usage

```
1 public static void aMethod(Recyclable r) {  
2     /** ... */  
3 }  
4 // ...  
5 Recyclable r1 = new Paper();  
6 aMethod(r1);  
7 aMethod(new Bottle());  
8 Paper p = new Paper();  
9 aMethod(p);  
10 // ...
```

Interface en type de paramètre

Instanciation d'un nouvel objet. La variable est du type de l'interface

Appels de la méthode qui prend le **Recyclable** en paramètre

La méthode peut accepter un objet **Paper**, car Paper est aussi **Recyclable**

Interfaces : usage

```
1 public static void aMethod(Recyclable r) {  
2     /** ... */  
3 }  
4 // ...  
5 Recyclable r1 = new Paper();  
6 aMethod(r1);  
7 aMethod(new Bottle());  
8 Paper p = new Paper();  
9 aMethod(p);  
10 // ...
```

Bonne pratique : toujours se baser sur les types abstraits :
~~Paper p = new Paper();~~
~~Recyclable p = new Paper();~~

Interface en type de paramètre

Instanciation d'un nouvel objet. La variable est du type de l'interface

Appels de la méthode qui prend le **Recyclable** en paramètre

La méthode peut accepter un objet **Paper**, car Paper est aussi Recyclable

Multiple implémentation d'Interfaces

```
1 public class Paper implements Recyclable, Burnable {  
2     public void tear() { /* ... */ }  
3     public void recycling() {  
4         System.out.println("Recycling Paper");  
5     }  
6     public void burning() {  
7         System.out.println("Burning Paper");  
8     }  
9 }
```

La force du polymorphisme

```
1 Recyclable[] trash = new Recyclable[2];
2 trash[0] = new Paper();
3 trash[1] = new Bottle();
4 for (int i = 0 ; i < trash.length ; i++) {
5     trash[i].recycling();
6 }
```

Limite du polymorphisme

```
1 Recyclable[] trash = new Recyclable[2];
2 Paper p = new Paper();
3 trash[0] = p;
4 p.recycling();
5 p.tear();
6 trash[0].recycling();
7 trash[0].tear(); // !!!
```

Appel des méthodes **recycling** et **tear** depuis une variable de référence **Paper**

Appel des méthodes **recycling** depuis une variable de référence **Recyclable**, mais **impossible** d'appeler **tear()**

Mais comment ça marche ?

```
1 Recyclable[] trash = new Recyclable[2];
2 trash[0] = new Paper();
3 trash[1] = new Bottle();
4 for (int i = 0 ; i < trash.length ; i++) {
5     trash[i].recycling();
6 }
```

- Output:
 - “recycling paper”
 - “recycling bottle”

Late-Binding

- Vérification à la compilation que l'appel de la méthode est autorisé
 - ↳ Dépend uniquement du type de l'appelant
- Résolution à l'exécution de l'implémentation de la méthode à exécuter
 - ↳ Dépend de l'instance sur laquelle on appelle la méthode

Late-Binding : exemple

```
1 public static void doRecycling(Recyclable r) {  
2     r.recycling();  
3 }
```

Appel de **recycling** sur le paramètre

Paramètre : **Recyclable**

Late-Binding : exemple

```
1 public static void doRecycling(Recyclable r) {  
2     r.recycling();  
3 }  
4 public static void main(String args[]) {  
5     Recyclable recyclable;  
6     if ("paper".equals(args.length[0])) {  
7         recyclable = new Paper();  
8     } else {  
9         recyclable = new Bottle();  
10    }  
11    doRecycling(recyclable);  
12 }
```

Test des paramètres d'entrée

Instanciation d'objets de différents types

Appel de la méthode doRecycling sur le **Recyclable** : soit **Paper** soit **Bottle**

Late-Binding : exemple

```
1 $ java RecyclingMain paper
2 > recycling paper
3 $ java RecyclingMain bottle
4 > recycling bottle
```

Généricité

Motivation : objets pair

- On veut pouvoir manipuler des pairs :
 - ↳ Des objets qui ont deux types différents
- Exemple : des objets Pair d'un String et d'un entier

Motivation : objets pair d'un string et d'un entier

```
1 public class PairStringInteger {  
2  
3     private String val1;  
4     private Integer val2;  
5  
6     public PairStringInteger(String val1, Integer val2) {  
7         this.val1 = val1;  
8         this.val2 = val2;  
9     }  
10    public String getFirst() { return this.val1; }  
11    public Integer getSecond() { return this.val2; }  
12  
13    public void setFirst(String val1) { this.val1 = val1; }  
14    public void setSecond(Integer val2) { this.val2 = val2; }  
15  
16    public String toString() { return this.val1 + ";" + this.val2; }  
17  
18 }
```

Class PairStringInteger

Valeurs String/Integer

Constructeur

Getters

Setters

toString()

Motivation : pair de string et integer usage

```
1 public static void main(String [] args) {  
2     PairStringInteger p1 = new PairStringInteger("La réponse", 42);  
3     PairStringInteger p2 = new PairStringInteger("Le nombre", 23);  
4     System.out.println(p1);  
5     System.out.println(p2);  
6     p2.setFirst("23 à l'envers");  
7     p2.setSecond(32);  
8     System.out.println(p2);  
9 }
```

- Output :
 - “La réponse;42”
 - “Le nombre;23”
 - “23 à l’envers;32”

Motivation : objet pair string robot

- On veut maintenant pouvoir manipuler des pairs de String et de Robot:
 - ↳ Il faut implémenter de nouveau une classe : **PairStringRobot**

Motivation : objet pair string robot

- On veut maintenant pouvoir manipuler des pairs de String et de Robot:
 - ↳ Il faut implémenter de nouveau une classe : **PairStringRobot**

```
1  public class PairStringRobot {  
2  
3      private String val1;  
4      private Robot val2;  
5  
6      public PairStringRobot(String val1, Robot val2) {  
7          this.val1 = val1;  
8          this.val2 = val2;  
9      }  
10  
11     public String getFirst() { return this.val1; }  
12     public Robot getSecond() { return this.val2; }  
13  
14     public void setFirst(String val1) { this.val1 = val1; }  
15     public void setSecond(Robot val2) { this.val2 = val2; }  
16  
17     public String toString() { return this.val1 + ";" + this.val2.toString(); }  
18 }
```

Motivation : pair de string et robot usage

```
1 public static void main(String [] args) {  
2     Robot r2d2 = new Robot();  
3     PairStringInteger p1 = new PairStringInteger("r2d2", r2d2);  
4     System.out.println(p1);  
5     p1.setFirst("bb8");  
6     System.out.println(p1);  
7 }
```

- Output :

“r2d2; (0; 0) : NORTH [100]”
“bb8; (0; 0) : NORTH [100]”

Motivation : conclusion

- L'utilisation des objets **Pair** ne dépend pas des types contenus dans la paire
- Solution :
 - Paramétriser le type **Pair** avec le type des valeurs manipulées
 - Programmation d'une seule classe **générique Pair**
 - Définition des types par l'utilisateur de la classe **Pair**
- La classe **Pair** n'est codée qu'une seule et fonctionne pour tous les types de paramètres possibles

Le type Pair<T1, T2> générique

```
1 public class Pair<T1, T2> {
2
3     private T1 val1;
4     private T2 val2;
5
6     public PairStringInteger(T1 val1, T2 val2) {
7         this.val1 = val1;
8         this.val2 = val2;
9     }
10
11    public T1 getFirst() { return this.val1; }
12    public T2 getSecond() { return this.val2; }
13
14    public void setFirst(T1 val1) { this.val1 = val1; }
15    public void setSecond(T2 val2) { this.val2 = val2; }
16
17    public String toString() {
18        return this.val1.toString() + ";" + this.val2.toString();
19    }
20}
```

Class Pair

Paramétriser avec deux types **T1** et **T2**

Références au types **T1** et **T2** :

Getters

Setters

toString()

Le type Pair<T1, T2> générique : usage

```
1 public static void main(String [] args) {  
2     Pair<String, Integer> p1 = new Pair<>("La réponse", 42);  
3     Robot r2d2 = new Robot();  
4     Pair<String, Robot> p2 = new Robot<>("r2d2", r2d2);  
5     System.out.println(p1);  
6     p2.setFirst("bb8");  
7     System.out.println(p2);  
8     Pair<char, int> p3 = new Pair<>('a', 0);  
9 }
```

■ Instanciation d'un objet
Pair<String, Integer>

■ Instanciation d'un objet
Pair<String, Robot>

■ “sucré syntaxique” :
<>

raccourcis pour
<String, Robot>

Il est **incorrect** d'utiliser des types “**primitifs**”. Pour les génériques, il faut absolument utiliser des **types d'objet**

~~Pair<char, int> p3 = new Pair<>('a', 0);~~

■ Output :

“La réponse; 42”

“bb8; (0; 0) : NORTH [100]”

L'interface Comparable<T>

```
1 public interface Comparable<T> {  
2     /**  
3      * > 0 si this > that  
4      * < 0 si this < that  
5      * = 0 si this == that  
6     */  
7     public int compareTo(T that);  
8 }
```

Interface Comparable

Paramétré par un type T

compareTo permet de définir un ordre des objets

Implémentation de Comparable<Robot>

```
1 public class Robot implements Comparable<Robot> {  
2     // ...  
3     public int compareTo(Robot that) {  
4         return this.currentEnergy - that.currentEnergy;  
5     }  
6     // ...  
7 }
```

Interface **Comparable**

Paramétré avec le type
Robot

On ordonne les robots en fonction de leur
niveau courant d'énergie

Structures de données

Plan

- Tableau
- **Les Collections standards Java**
- Itérable & Iterator
- Liste et Liste chaînée
- Set
- Map
- File
- Pile
- Arbre

Introduction

- Organisation des données
- Automatisation de manipulation
- Performance différente
- Impact sur le développement

Tableau

- Fourni par le langage
- Efficace pour consulter / modifier des éléments
- Peu de mémoire consommée

Tableau : ajout/retrait en fin de tableau

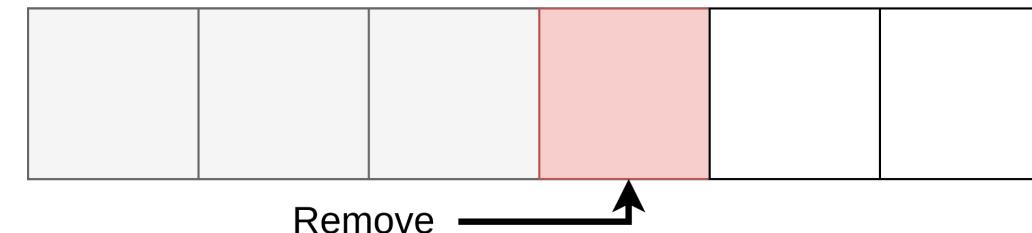
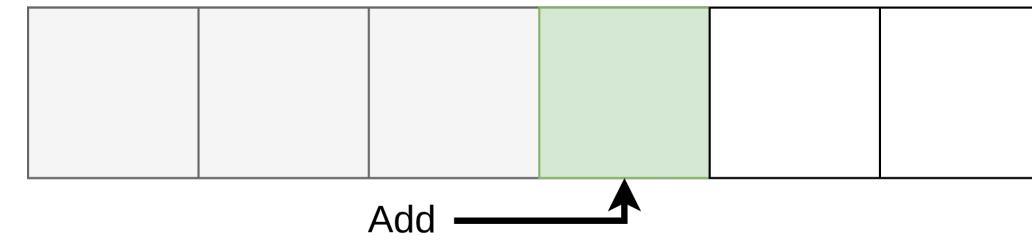
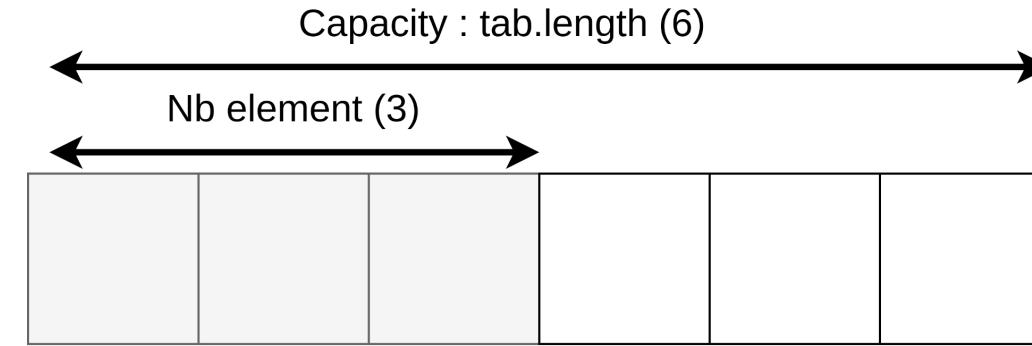


Tableau : ajout/retrait à un indice donné

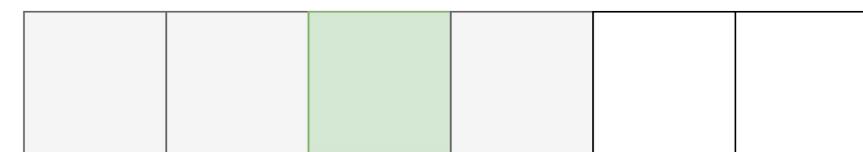
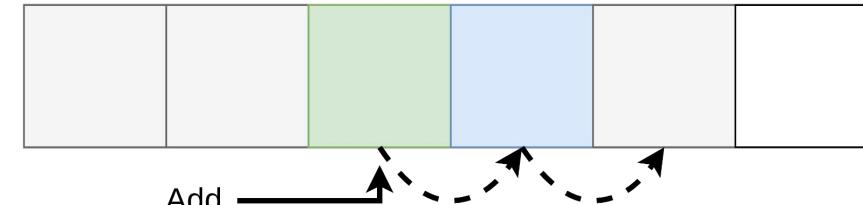
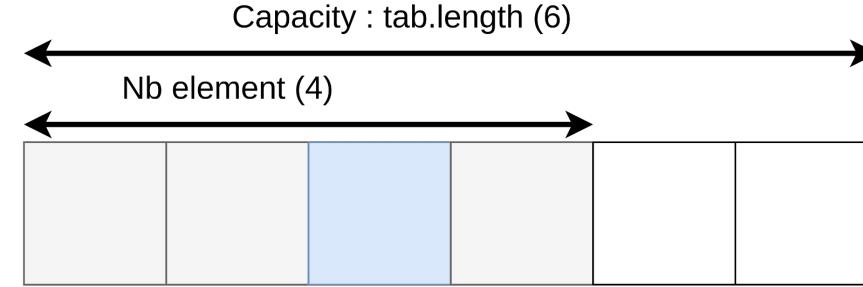


Tableau : ajout d'élément dans tableau plein

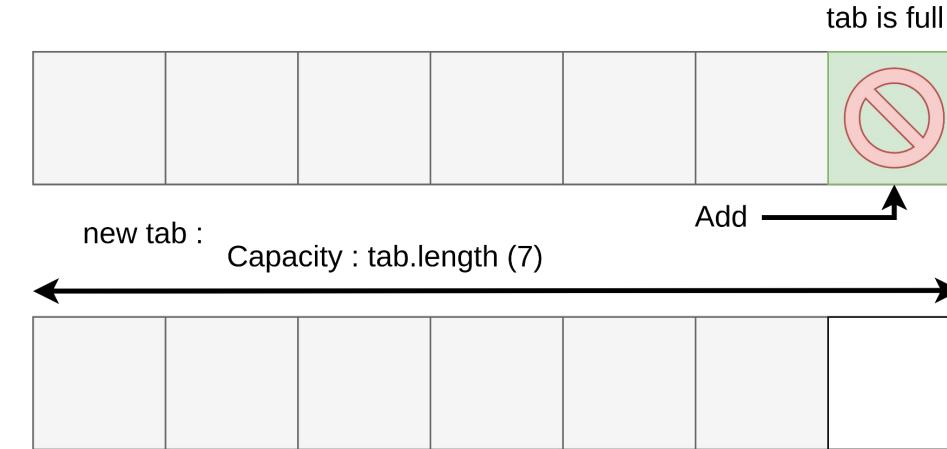
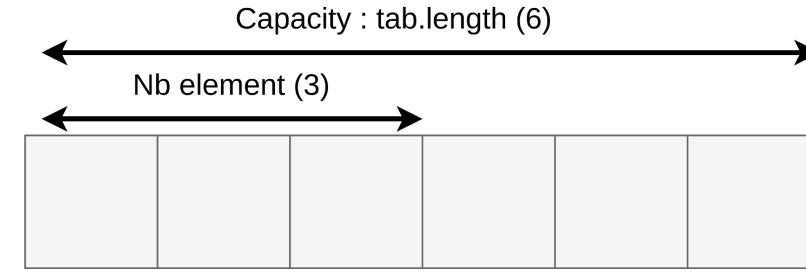
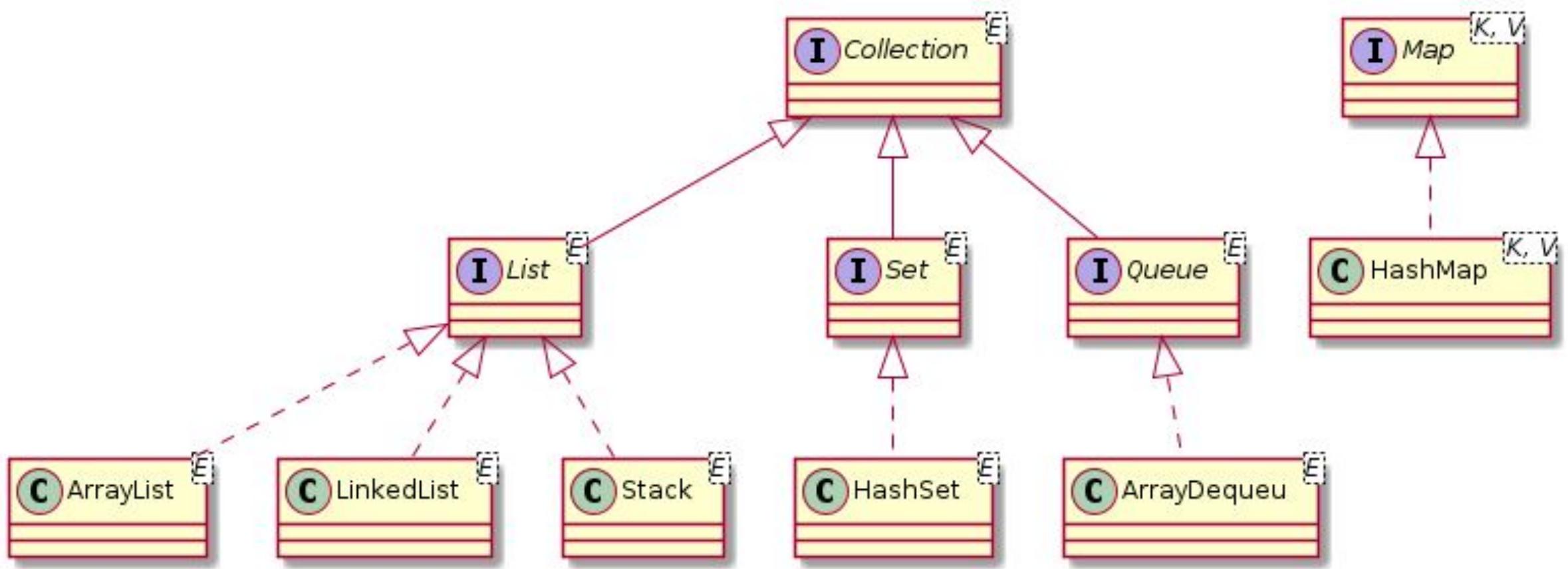


Tableau : conclusion

- Les plus :
 - Simple et rapide à utiliser
 - Bonne performance pour l'accès et la modification
- Les moins :
 - Mauvaise performance pour l'ajout ou la suppression
 - Taille fixe
- → Besoin d'une structure de données plus souple

Les Collections Java



Les Collections Java

```
1 public interface Collection<E> {  
2       
3     boolean add(E element);  
4       
5     boolean contains(E element);  
6       
7     boolean isEmpty();  
8       
9     Iterator<E> iterator();  
10      
11    boolean remove(E element);  
12      
13    int size();  
14      
15    // ...  
16 }
```

- Ajoute l'élément à la collection
- Retourne **vrai** si l'élément a bien été ajouté, **faux** sinon
- Retourne **vrai** si la Collection contient l'élément, **faux** sinon
- Retourne **vrai** si la Collection ne contient aucun élément, **faux** sinon
- Retourne un itérateur sur les éléments de la collection
- Retire l'élément de la collection
Retourne vrai si l'élément a bien été ajouté, faux sinon
- Retourne le nombre d'éléments dans la collection

Iterable et Iterator

```
1 public interface Iterator<E> {  
2     boolean hasNext();  
3     E next();  
4     // ...  
5 }  
6 // ...  
7 // a collection of Robots  
8 Collection<Robot> robots = // ...  
9 Iterator<Robot> it = robots.iterator()  
10 while (it.hasNext()) {  
11     Robot current = it.next();  
12     System.out.println(current);  
13 }
```

- Retourne vrai s'il y encore un élément
- Retourne le prochain élément et avance le curseur
- Construction d'un iterator
- Tant qu'il y a un élément suivant
- Récupération du prochain élément

For-Each Java

```
1 // a collection of Robots
2 Collection<Robot> robots = ...;
3 Iterator<Robot> it = robots.iterator();
4 while (it.hasNext()) {
5     Robot current = it.next();
6     System.out.println(current);
7 }
8 // equivalent code
9 Collection<Robot> robots = ...;
10 for (Robot current: robots) {
11     System.out.println(current);
12 }
13 }
```

- Parcours tous les éléments de la Collection de la même façon
- Variable contenant l'élément courant de l'itération de la boucle
- Collection dont on veut parcourir les éléments

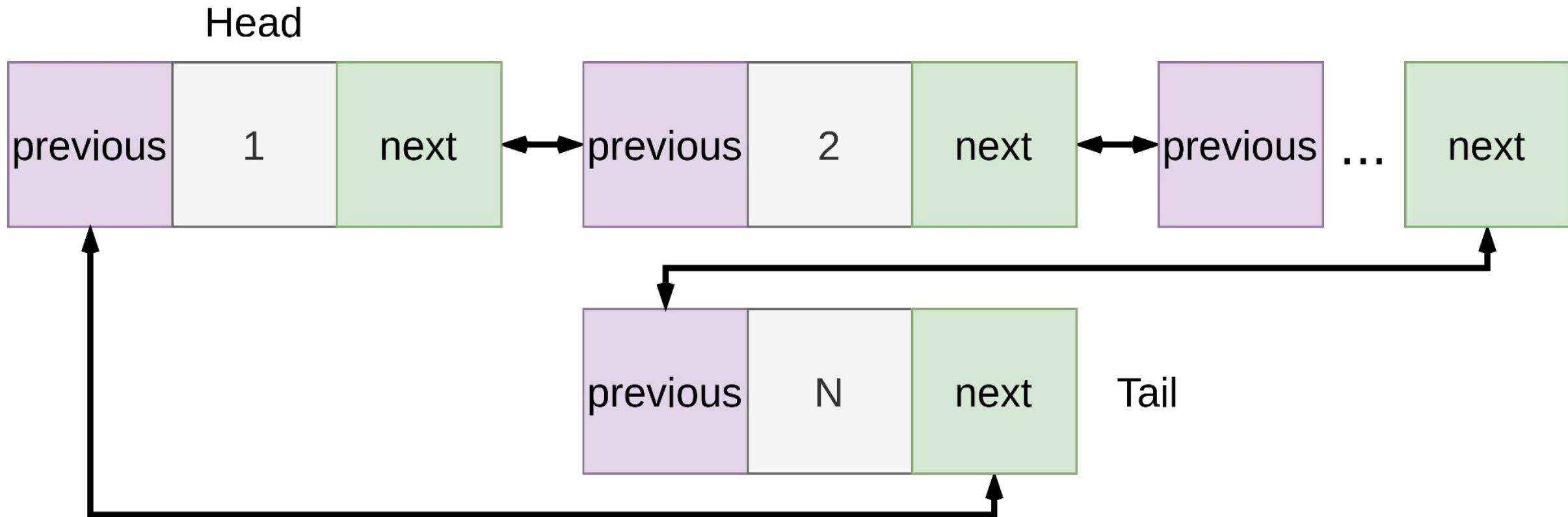
List : ArrayList

- Basée sur un tableau
- Capacité dynamique
- Ajout/suppression en fin de List performant
- Ajout/suppression à un indice donné **PEU** performant
- Parcours possible
- Récupération d'élément à partir d'un indice

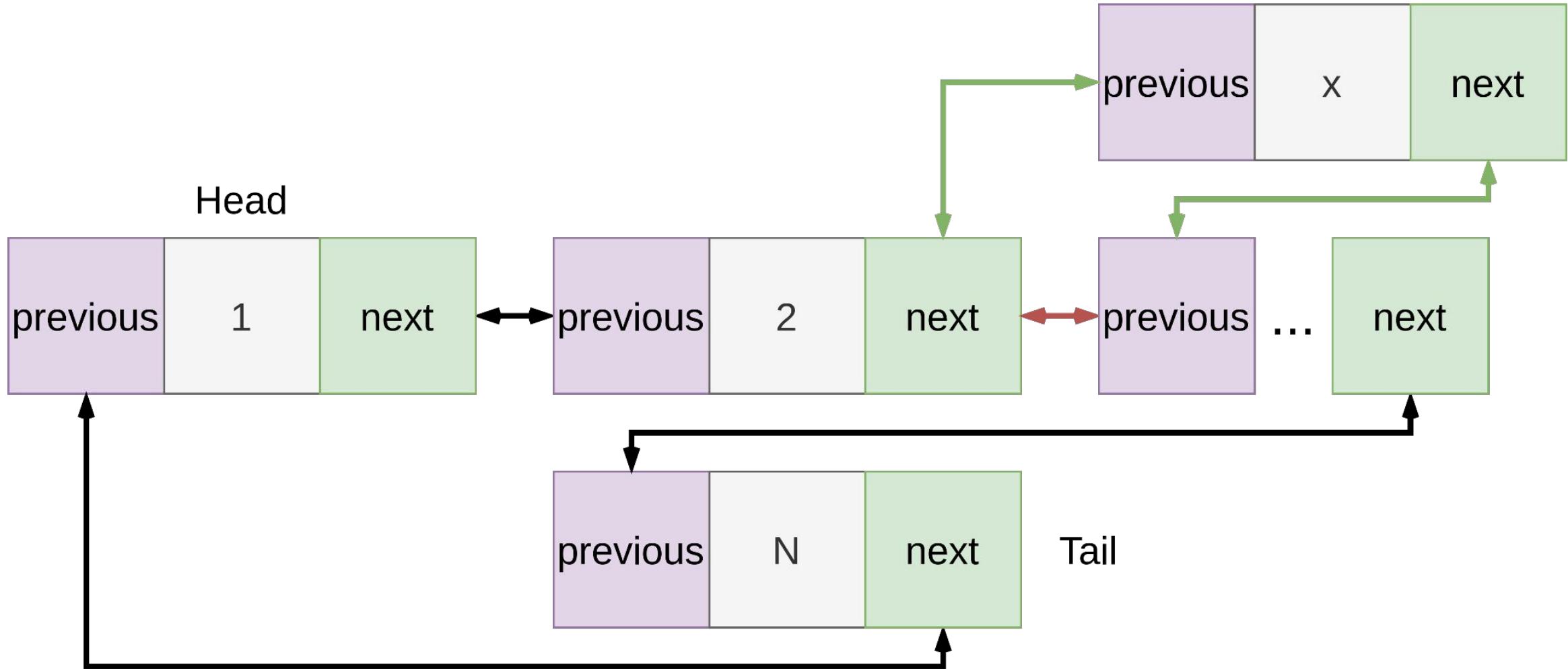
List chaînée : LinkedList

- Basée sur des éléments liés les uns aux autres
- Chaque élément référence le précédent et le suivant
- Ajout/suppression sans décalage (mais nécessite un parcours)
- Parcours possible
- Récupération d'élément à partir d'un indice (moins performant)

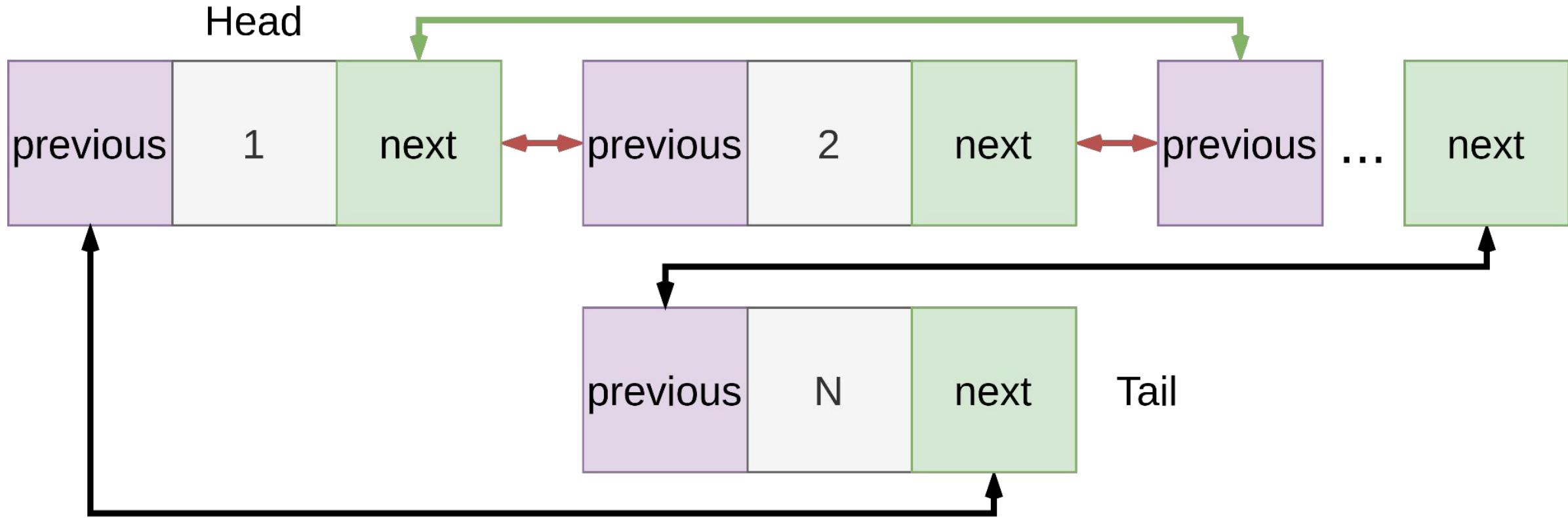
List chaînée : LinkedList



List chaînée : ajout



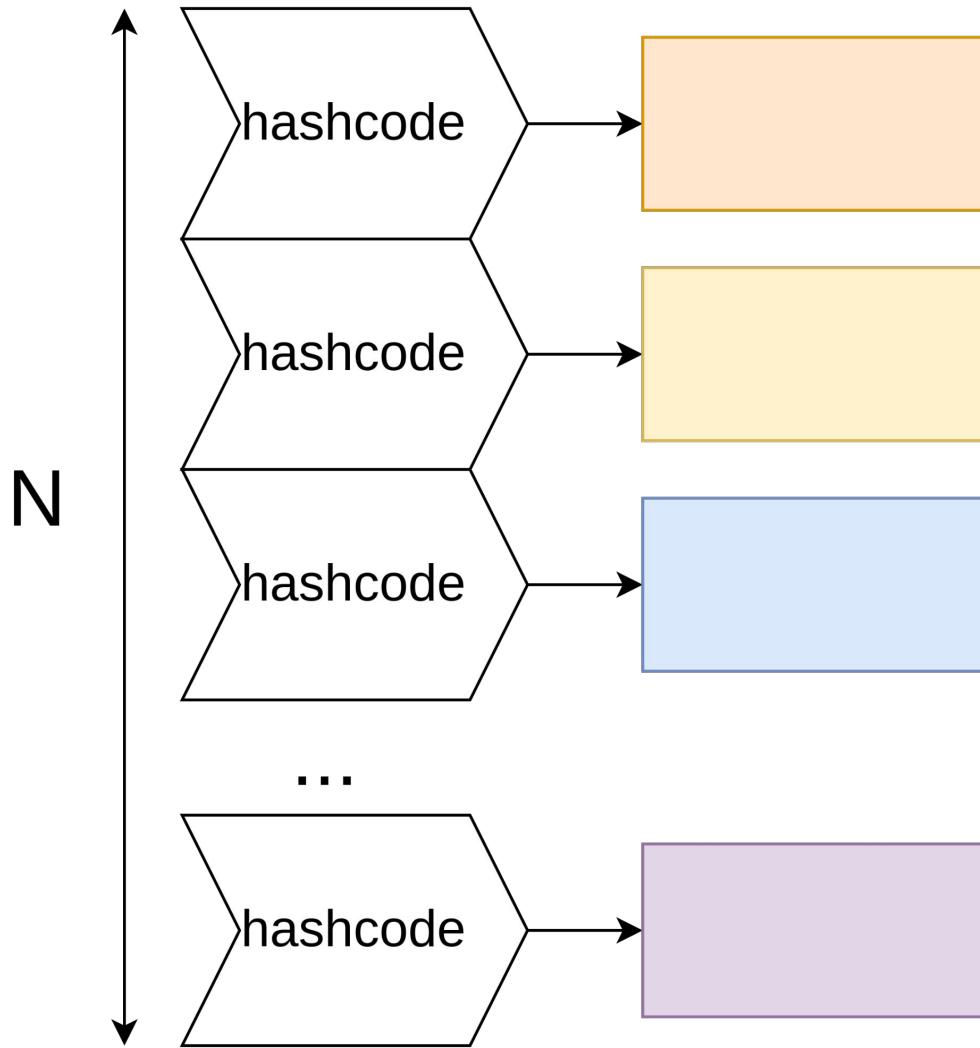
List chaînée : suppression



Ensemble : Set

- Ensemble au sens mathématique
- Ajout/suppression similaire au List
- Pas de notion d'indice : parcours uniquement avec un Itérateur
- Implémentation 1 : HashSet<E>
- Implémentation 2 : TreeSet<E>

HashSet



- Basé sur une représentation numérique des objets : le hashcode
- Associe une instance à une valeur
- Performant dans le cas où la fonction de hachage est bien choisie
- Pas d'ordre sur les éléments

Hashcode et fonction de hachage

- Hashcode : valeur numérique qui correspond à une instance particulière d'une classe
- Fonction de hachage :
 - rapide
 - une instance → un entier

```
1 // Robot.java
2 public int hashCode() {
3     int tmp = (this.y+((this.x+1)/2));
4     return this.x+(tmp*tmp);
5 }
```

Bonne pratique : hashCode() et equals()

- Si on implémente **hashCode()** alors on implémente **equals()** (et vice-versa)
- **hashCode()** et **equals()** doivent reposer sur les même champs
- Si deux objets sont égaux (**o1.equals(o2) == true**) alors leurs hashcodes sont égaux : **o1.hashCode() == o2.hashCode()**

TreeSet

- Utilise un “arbre” binaire
- Toute opération a un coût constant
- Ordre imposé et nécessaire : les objets doivent implémenter l’interface **Comparable**

Map

- Manipule des couples Clé - Valeur
- Aussi appelée : dictionnaire, table associative, index, etc.
- N'implémente pas Iterable
- Exemple d'implémentation : `HashMap<K, V>`

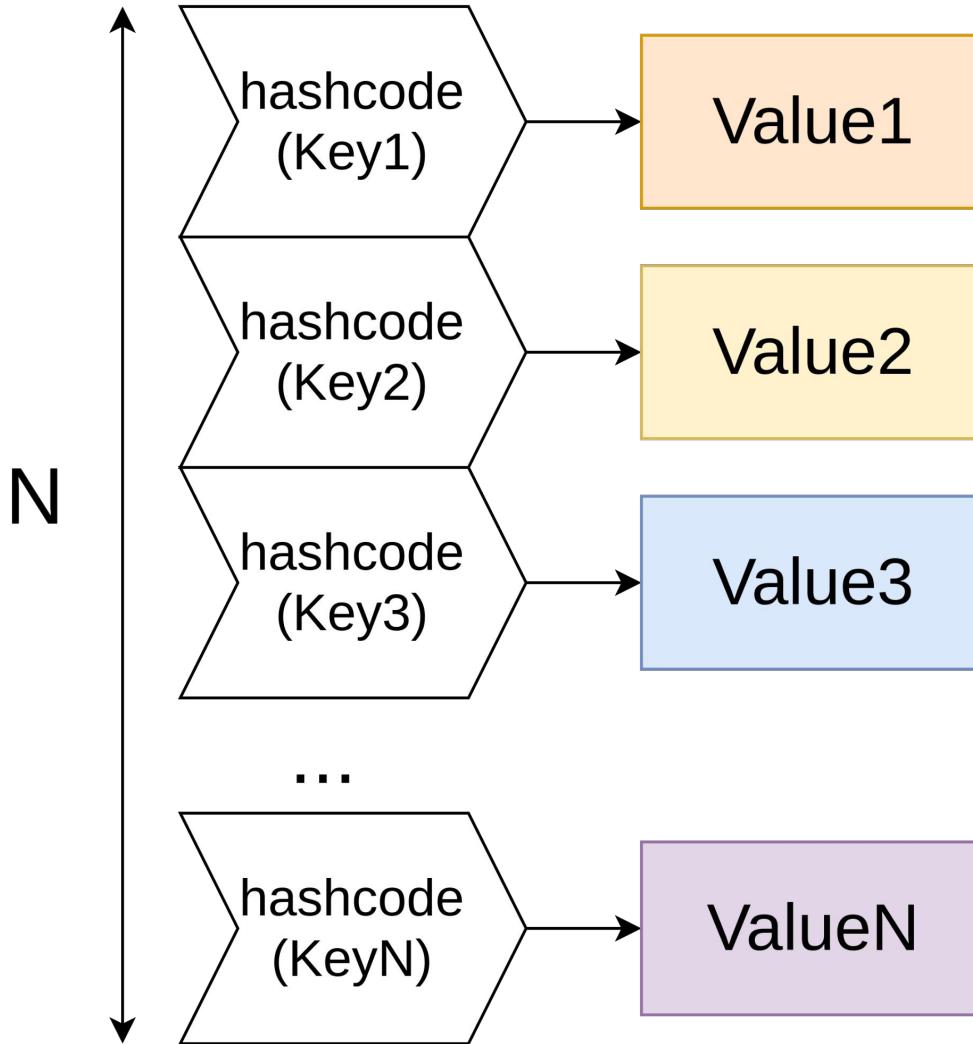
Map : usage

- ```
1 V put(K key, V value);
2 V get(K key);
3 V remove(K key);
4 boolean containsKey(K key);
5 boolean containsValue(V value);
6 int size();
7 boolean isEmpty();
8 void clear();
9 Set<K> keySet();
10 Collection<V> values();
```
- Ajoute un couple clé - valeur  
Renvoie **null** si la clé n'est pas dans la map,
  - Renvoie l'ancienne valeur sinon
  - Récupère la valeur à partir d'une clé
  - Retire une association à partir d'une clé
  - Vérifie si la map contient la clé ou la valeur donnée
  - Retourne le nombre d'associations dans la map
  - Vérifie si la map est vide ou non
  - Vide la map
  - Renvoie l'ensemble des clés
  - Renvoie toutes les valeurs

# Map : usage

```
1 Map<String, Robot> robotsPerNames = new HashMap<>();
2 Robot r2d2 = new Robot();
3 robotsPerNames.put("r2d2", r2d2);
4 robotsPerNames.get("r2d2").equals(r2d2); // true
5 robotsPerNames.containsKey("r2d2"); // true
6 robotsPerNames.containsKey("c3p0"); // false
7 for (String key: robotsPerNames.keySet()) {
8 System.out.println(key + " " + robotsPerNames.get(key));
9 }
```

# Map : HashMap<K,V>



- Basée sur une représentation numérique des objets : le hashcode
- Associe le hashcode de la clé à la valeur

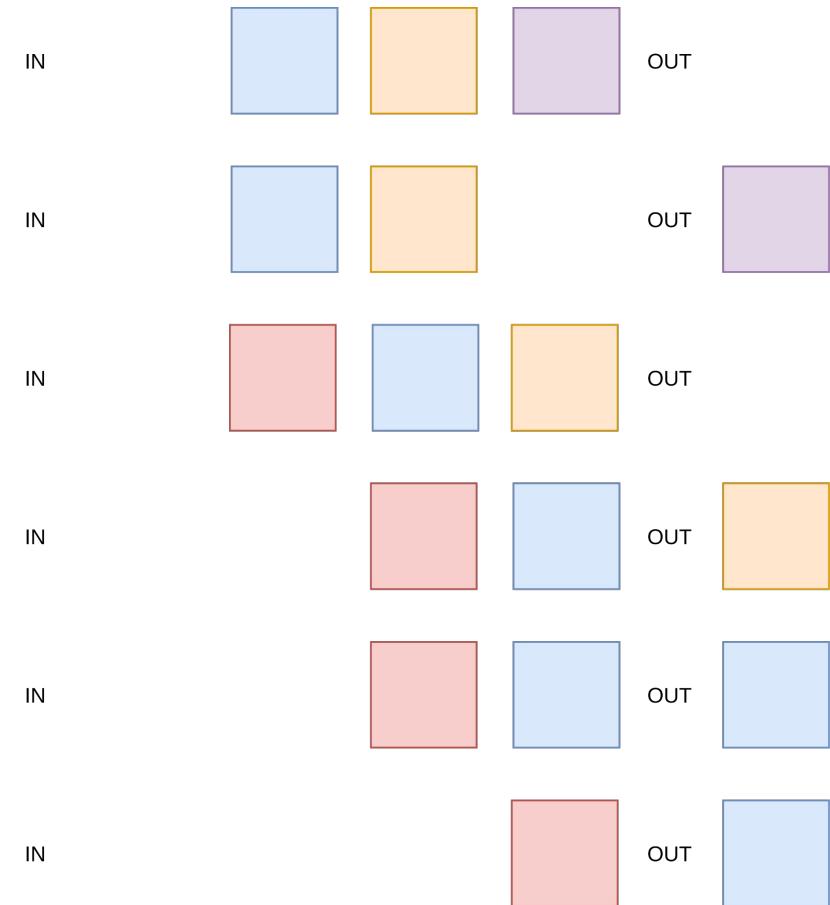
# File

- File ou Queue
- FIFO : First In First Out
- Capacité maximale
- Queue<E>

```
1 boolean add(E element);
2 E peek();
3 E poll();
```

# File : exemple

```
1 Queue<Color> colors = new Deque<Color>();
2 colors.add(Color.PURPLE);
3 colors.add(Color.ORANGE);
4 colors.add(Color.BLUE);
5 colors.poll(); // PURPLE
6 colors.add(Color.RED);
7 colors.poll(); // ORANGE
8 colors.peek(); // BLUE
9 colors.poll(); // BLUE
```



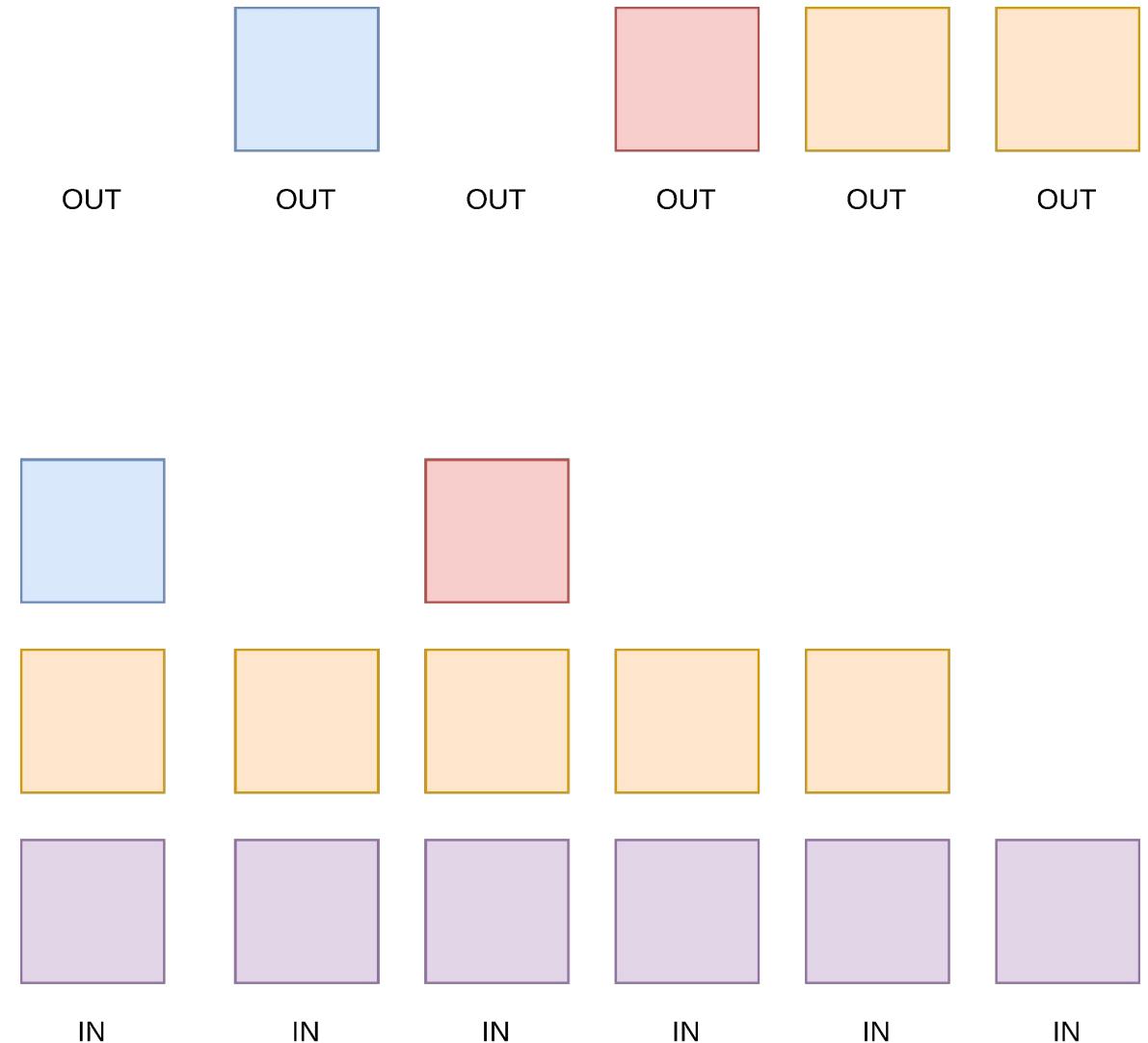
# Pile

- Pile ou Stack
- LIFO : Last In First Out
- Stack<E>

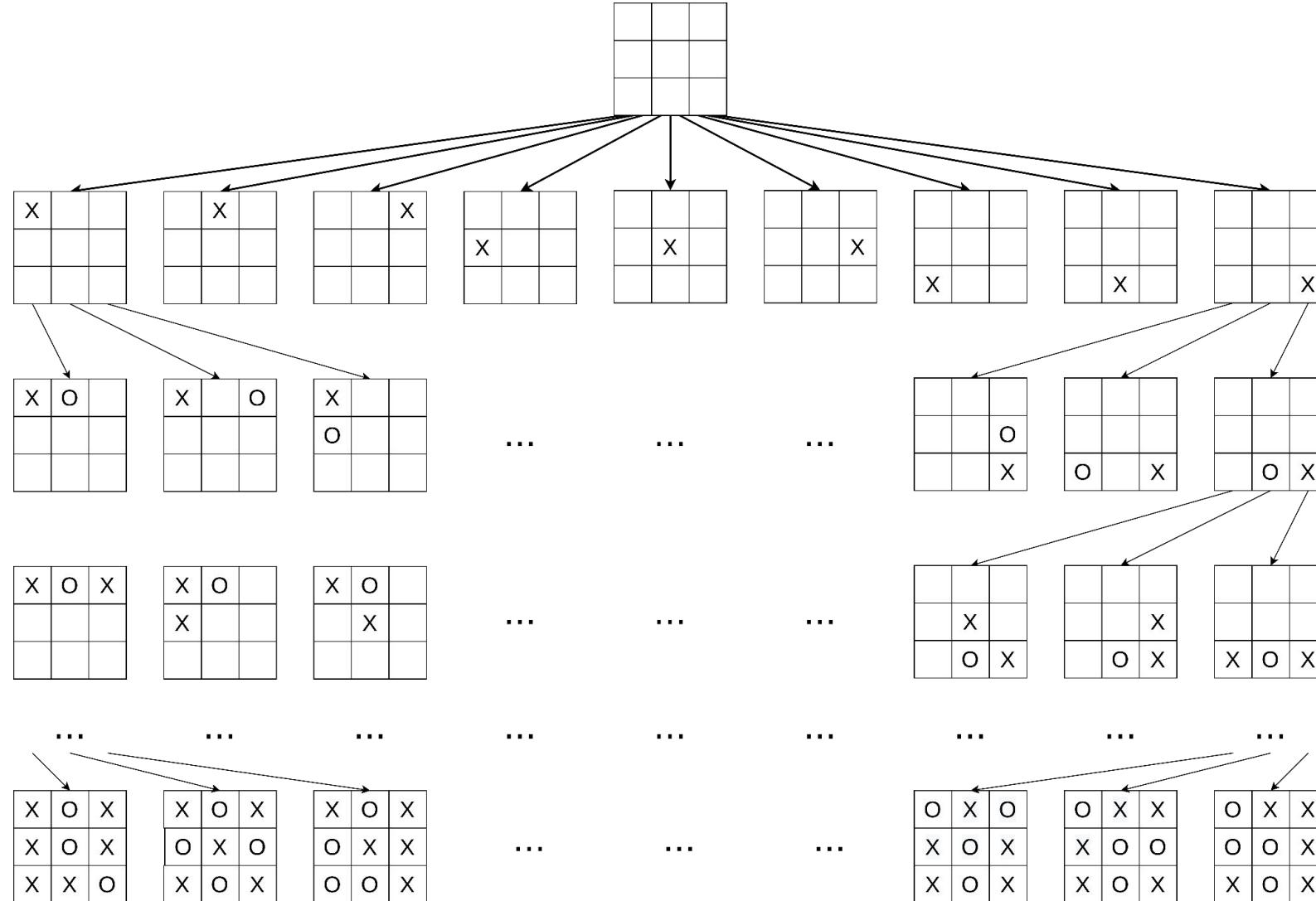
```
1 E push(E item);
2 E peek();
3 E pop();
```

# Pile : exemple

```
1 Stack<Color> colors =
2 new Stack<Color>();
3 colors.push(Color.PURPLE);
4 colors.push(Color.ORANGE);
5 colors.push(Color.BLUE);
6 colors.pop(); // BLUE
7 colors.push(Color.RED);
8 colors.pop(); // RED
9 colors.peek(); // ORANGE
10 colors.poll(); // ORANGE
11
```



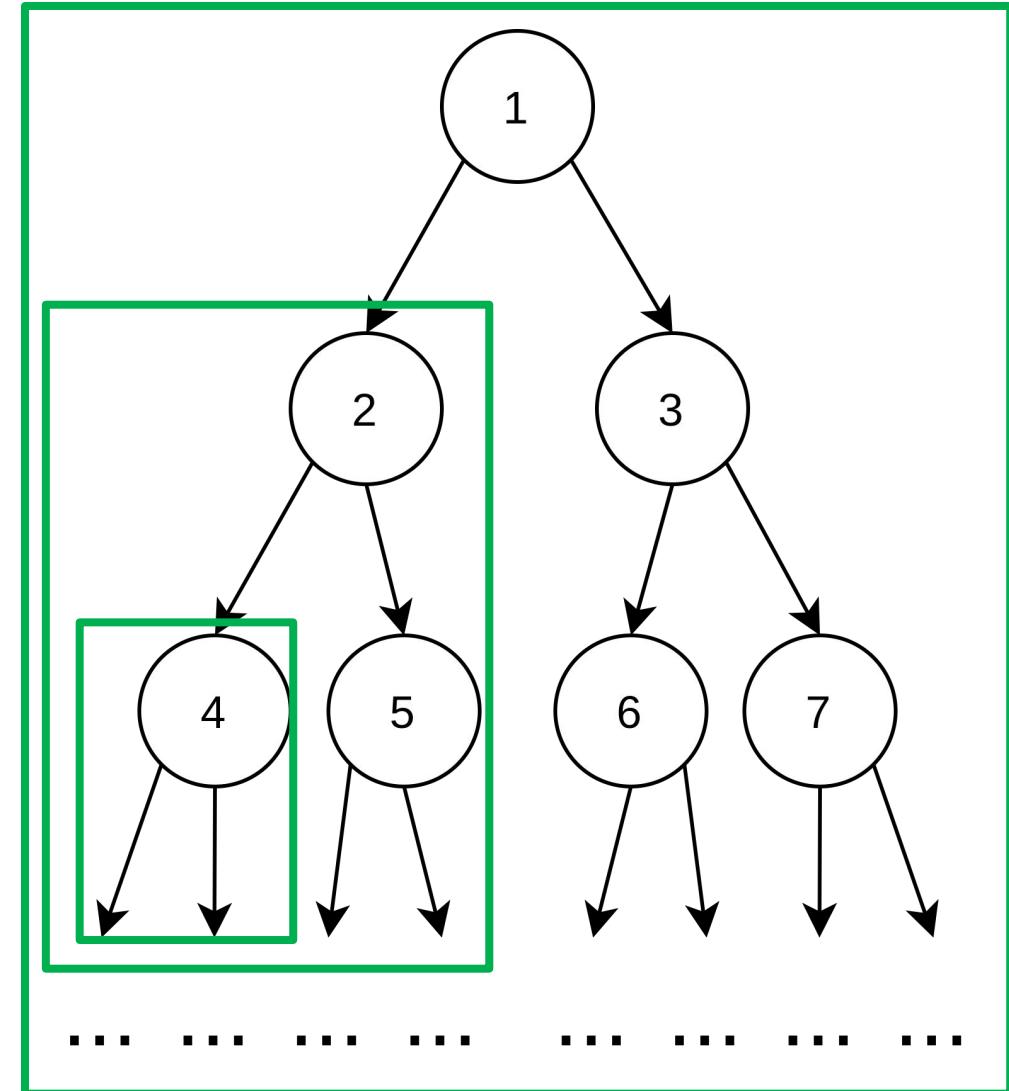
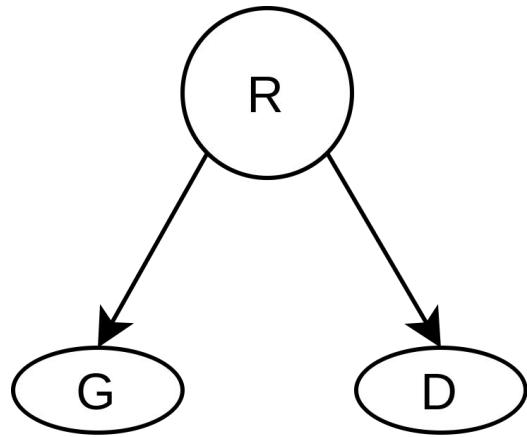
# Arbre : cas d'usage



# Arbre binaire

- Définition :

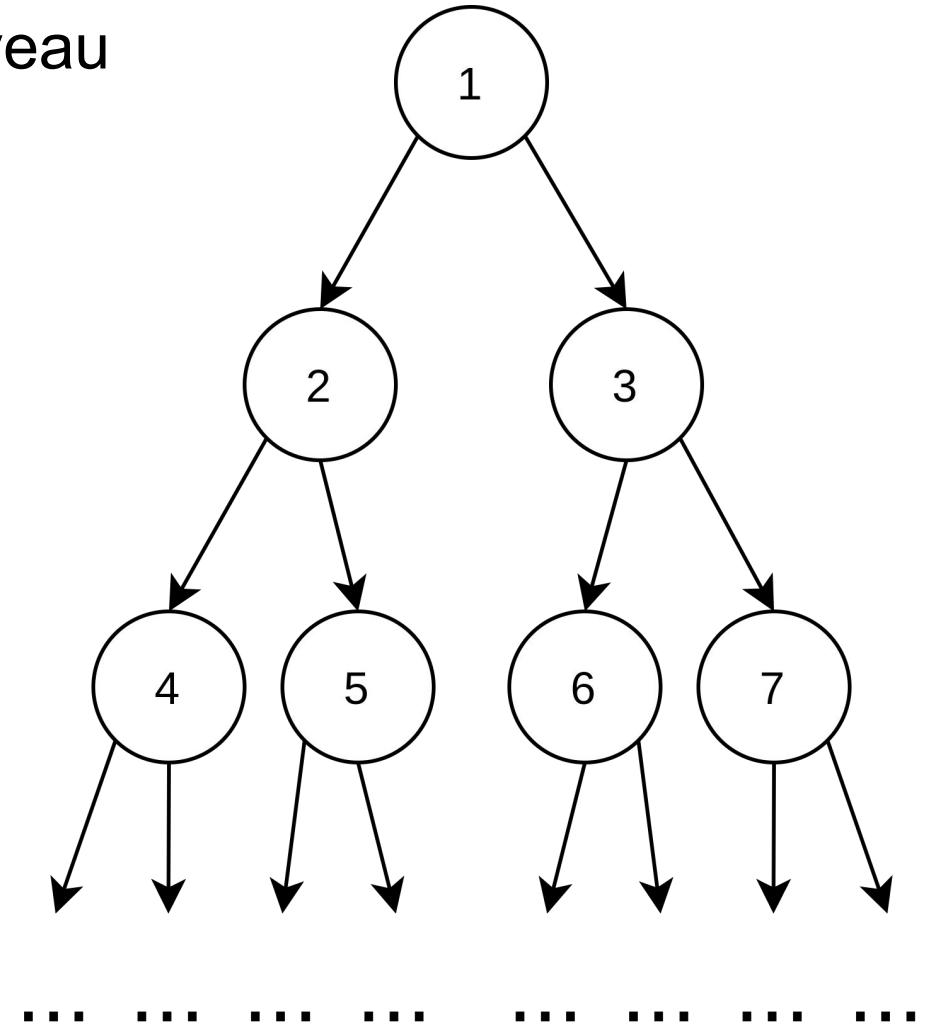
- soit vide
- soit avec une valeur **ET**  
2 fils qui sont des arbres binaires



# Arbre binaire : parcours en largeur

- De la racine, descendre niveau par niveau

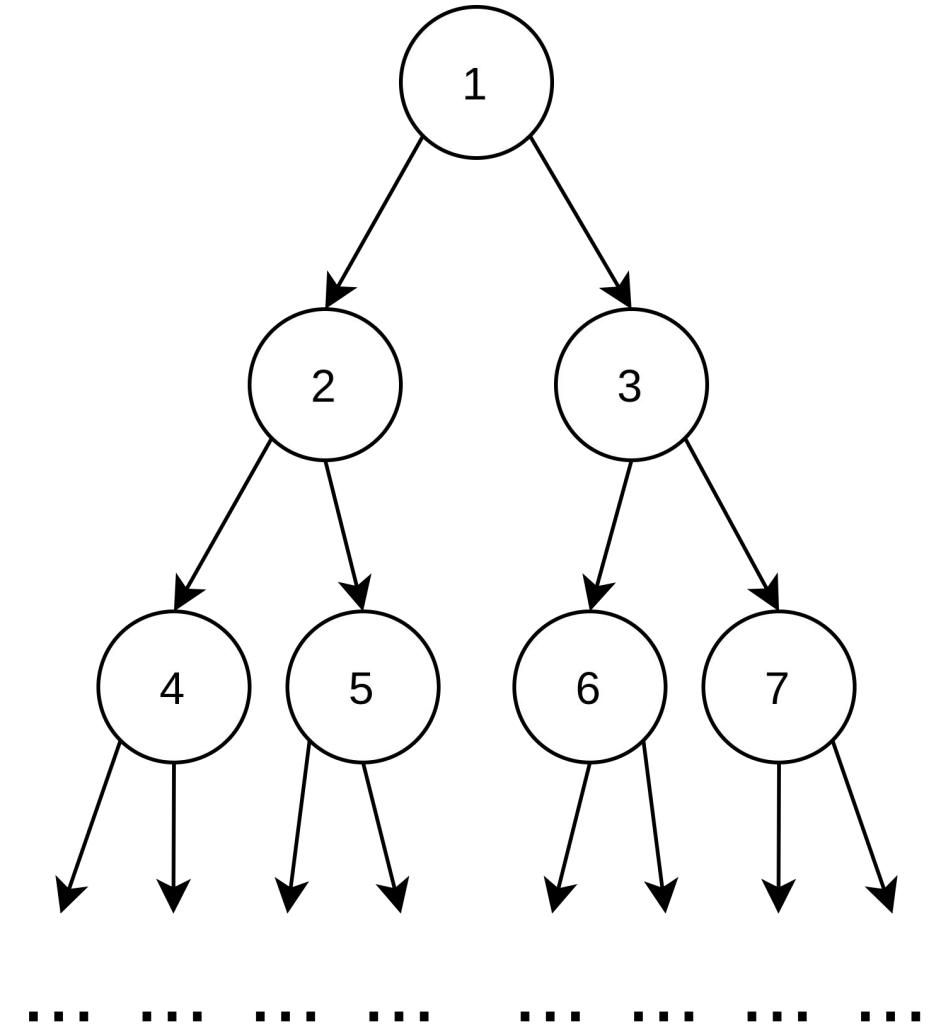
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ...



# Arbre binaire : parcours en profondeur

- De la racine,  
Parcourir le sous-arbre gauche puis  
Parcourir le sous-arbre droit

1, 2, 4, 5, 3, 6, 7,



# Arbre binaire : opérations

```
1 public class BinaryTree<T> {
2 boolean isEmpty();
3 T getValue();
4 boolean isLeaf();
5 boolean hasLeft();
6 boolean hasRight();
7
8 BinaryTree<T> getLeft();
9 BinaryTree<T> getRight();
10
11 void setValue(T value);
12 void setLeft(BinaryTree<T>);
13 void setRight(BinaryTree<T>);
14 }
```

- Retourne **true** si l'arbre est vide, **false** sinon
- Récupère la valeur de l'arbre
- Retourne **true** si l'arbre est une feuille, il n'a pas de fils, **false** sinon
- Retourne **true** si l'arbre a un fils gauche, **false**
- Retourne **true** si l'arbre a un fils droit, **false** sinon
- Récupère le fil gauche
- Récupère le fil droit
- Met à jour la valeur de l'arbre
- Met à jour le sous-arbre gauche
- Met à jour le sous-arbre droit

# Arbre binaire : récursivité

```
public int size() {
 if (this.isEmpty()) {
 return 0;
 } else {
 return 1 + // taille de l'arbre actuel
 this.getLeft().size() + // taille du sous-arbre gauche
 this.getRight().size(); // taille du sous-arbre droit
 }
}
```

Condition d'arrêt : l'arbre actuel est vide, sa taille est 0

Sinon, la taille de l'arbre est  $1 +$  la taille de ses fils

Appel récursif à la méthode **size()** sur les deux sous-arbres

# Arbre binaire de recherche

- Définition : Arbre binaire dont
  - valeurs à gauche < racine
  - valeurs à droite > racine

$3 < 8 < 10$

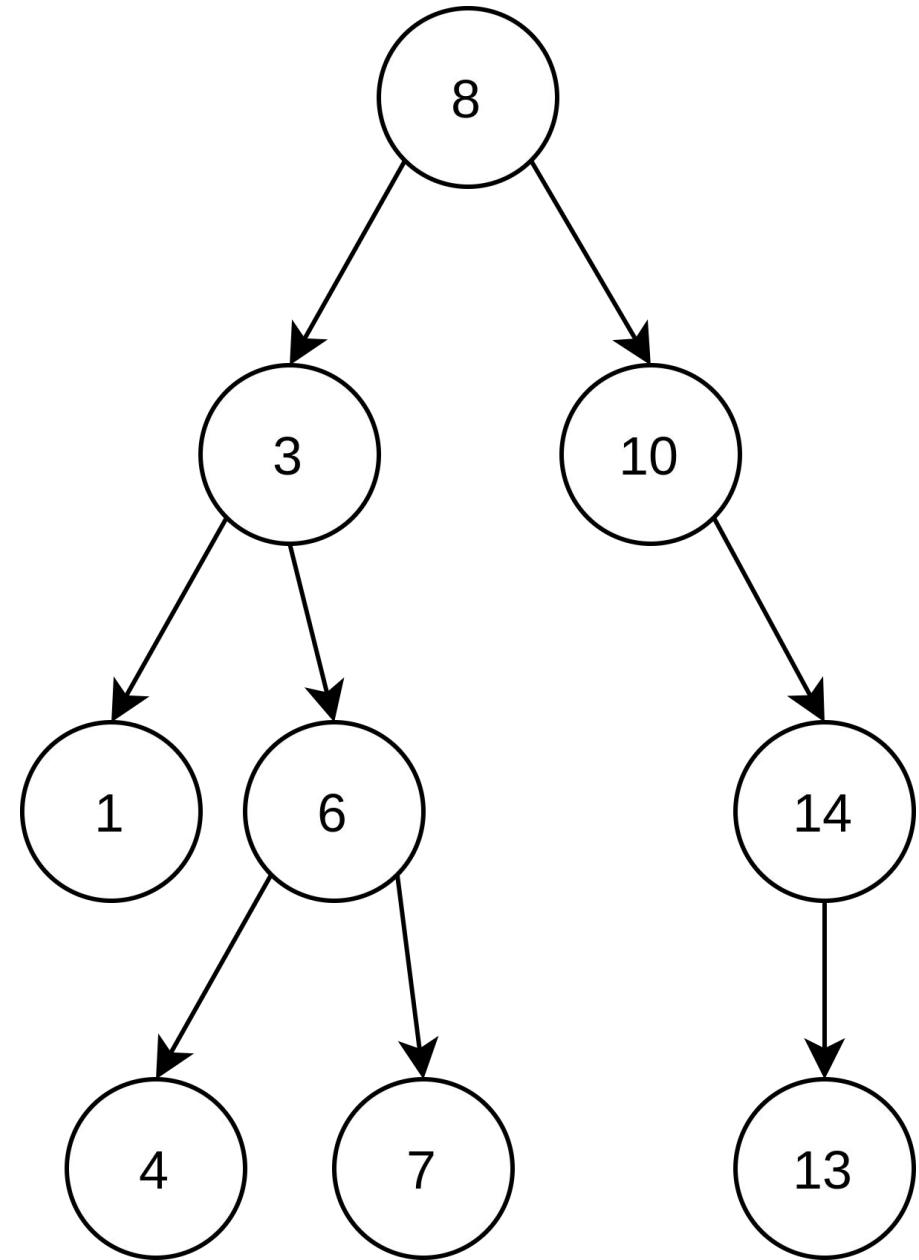
$1 < 8 < 14$

...

$4 < 8 < 13$

...

$1 < 3 < 6$



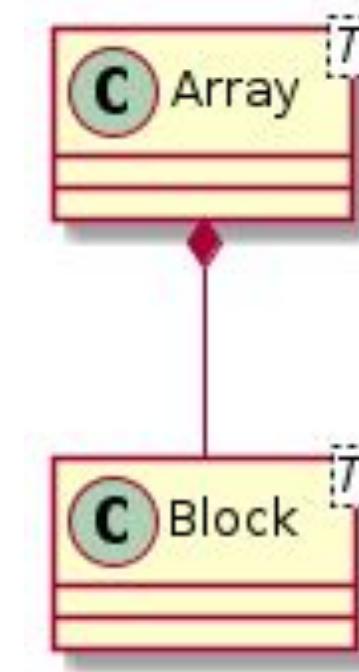
# Héritage

# Réutilisation : Composition vs Héritage

- Composition :  
Utiliser un type existant au service d'un autre
  
- Héritage :  
Utiliser un type existant en l'“étendant” →
  - Bénéficier des fonctionnalités inchangées
  - Modifier celles qui doivent l'être
  - Ajouter de nouvelles fonctionnalités

# Composition

- Délégation du stockage et de la manipulation de données à une (des) autres classe(s)
- Exemple
  - TP3 : Block<T>  
délègue la gestion des éléments au type Array<T>
- La notation A  B  
signifie que “B compose avec A”



# Composition : Implémentation

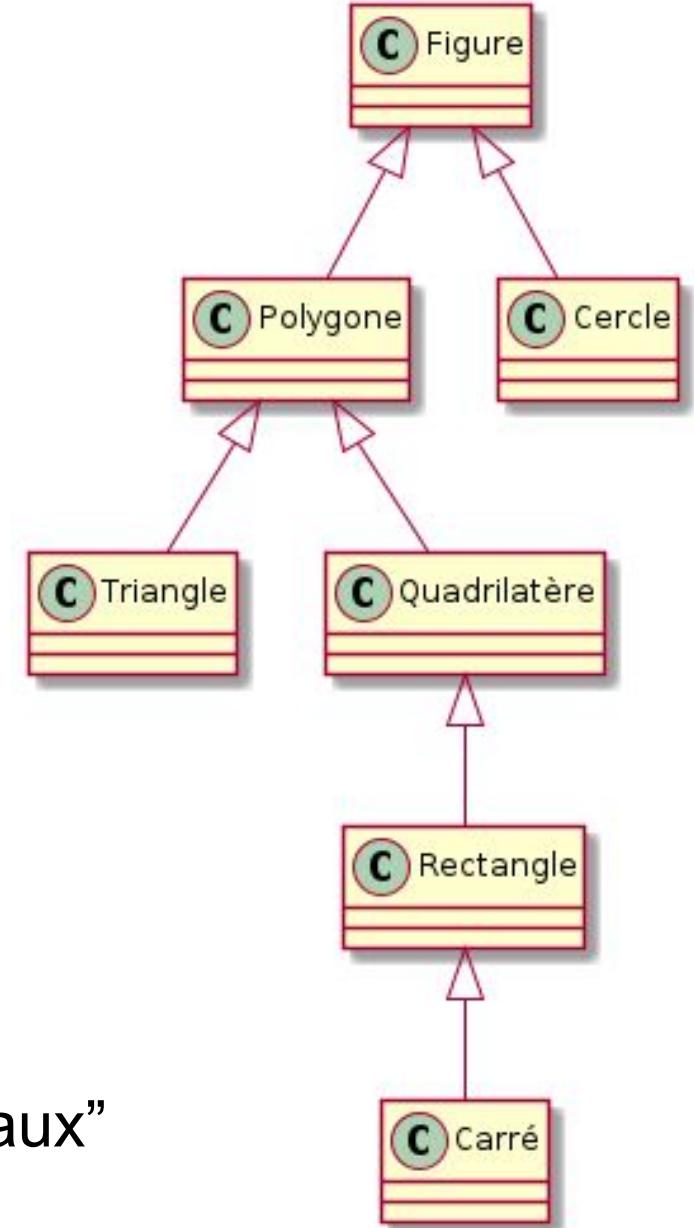
- Délégation à un(des) attribut(s) interne(s) à la classe

```
public class Block<T> {
 // Composition avec Array<T>
 private Array<T> m_array;

 public T get(int i) {
 // Délégation du stockage et de la gestion
 // à l'attribut de type Array<T>
 return this.m_array.get(i);
 }
}
```

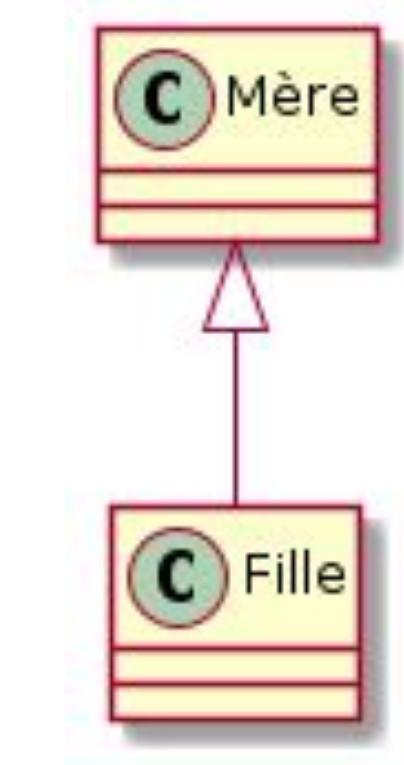
# Héritage

- Réutiliser un type existant :
  - Bénéficier des fonctionnalités inchangées
  - Modifier celles qui doivent l'être
  - Ajouter de nouvelle fonctionnalités
- La notation A ← B signifie  
B hérite (ou étend) A
- Relation hiérarchique :
  - "B est un A", "Carré est un Rectangle"
- Notion de spécialisation :
  - "Carré est un Rectangle, avec 4 côtés égaux"



# Héritage

- B hérite de A :
  - B est la classe dite “Fille”
  - A est la classe dite “Mère”
- La class Fille peut :
  - Dispose des attributs
  - Utiliser les méthodes publiques de la classe Mère
  - Redéfinir les méthodes publiques de la classe Mère
  - Ajouter de nouvelle méthodes



# Héritage : implémentation

```
public class Rectangle extends Quadrilatère {
 public int height;
 public int width;
 public void setHeight(int height) {
 this.height = height;
 }
 public int surface() {
 return this.height * this.width;
 }
}

public class Carré extends Rectangle {
 public void setHeight(int height) {
 this.height = height;
 this.width = height;
 }
 public String toString() {
 return this.surface();
 }
}
```

- Rectangle “**extends**” Quadrilatère
- Attributs de la class Rectangle
- Définition de la méthode **setHeight**
- Définition de la méthode **surface**
- Carré “**extends**” Rectangle
- Rédéfinition de **setHeight**
- Utilisation des attributs de la classe mère **Rectangle**
- Utilisation de la méthode **surface** de la classe Mère

# Rappel Visibilité

- Visibilité : définition de la permission d'accès
  - **sans visibilité** : accessible par les objets du package
  - **public** : accessible par tous les objets
  - **private** : accessible par les objets du type
- **protected** : accessible par les objets du package et “les classes filles”
  - Bonne pratique : attributs toujours en privé

# Héritage : visibilité des attributs

```
public class Rectangle extends Quadrilatère {
 protected int height;
 protected int width;
 public void setHeight(int height) {
 this.height = height;
 }
 public int surface() {
 return this.height * this.width;
 }
}

public class Carré extends Rectangle {
 public void setHeight(int height) {
 this.height = height;
 this.width = height;
 }
 public String toString() {
 return this.surface();
 }
}
```

Visibilité **protected** plutôt que **public** :  
Bonne pratique → Mettre les attributs **private**

Mais pour que les classes filles accède à ces attributs, on utilise **protected**

# Héritage VS Implémentation d'interface

## ■ Héritage

- Héritage **simple** (en Java)
- **Transmission des attributs, des signatures de méthodes et du code**

## ■ Interface

- Implémentation **multiple**
- **Transmission des signatures de méthode**

## ■ En commun

- Polymorphisme
- Late-binding

# Héritage et Classe Abstraite

- Une classe abstraite est un type non instanciable mais qui :
  - a des attributs
  - a des méthodes implémentées
  - a des signatures de méthodes déclarées ou méthodes abstraites
- Les classes qui héritent de classe abstraite **DOIVENT** implémenter les méthodes abstraites déclarées

# Héritage et Classe Abstraite : exemple

```
public abstract class Figure {
 protected String color;
 public abstract int surface();
 public String getColor() {
 return this.color;
 }
}

public class Cercle extends Figure {
 public int surface() {
 return // implementation of surface
 }
 public String toString() {
 return this.color;
 }
}
```

Déclaration de classe abstraite

Déclaration de la méthode abstraite **surface**

Implémentation obligatoire de la méthode abstraite **surface**

Héritage des autres membres de la classe Figure

# Le mot-clé super

- Nouveau mot-clé **super**
  - Référence la “superclass” ou la classe mère
  - Souvent implicite, comme le **this**

# Le mot-clé super : exemple

```
public class Rectangle extends Quadrilatère {
 public int surface() { return this.height * this.width; }
 public String toString() { return "RECT " + this.surface(); }
}
public class Carré extends Rectangle {
 public String toString() { return super.toString() + " " + this.surface(); }
}
```

Mots-clé **super** fait référence à la superclass Rectangle

Résolution du code : la méthode surface ↗ dans Carré, lookup dans la classe mère  
équivalent à  
**super.surface()** ou **surface()**

# Le type racine Object

- Racine de toutes hiérarchies de classes
- Définit les méthodes :
  - `toString()` : renvoie une représentation textuelle de l'objet
  - `hashCode()` : renvoie valeur numérique qui correspond à une instance particulière d'une classe
  - `equals()` : teste l'égalité de deux instances