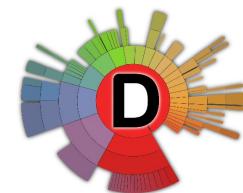


# PROG - ESIR 1

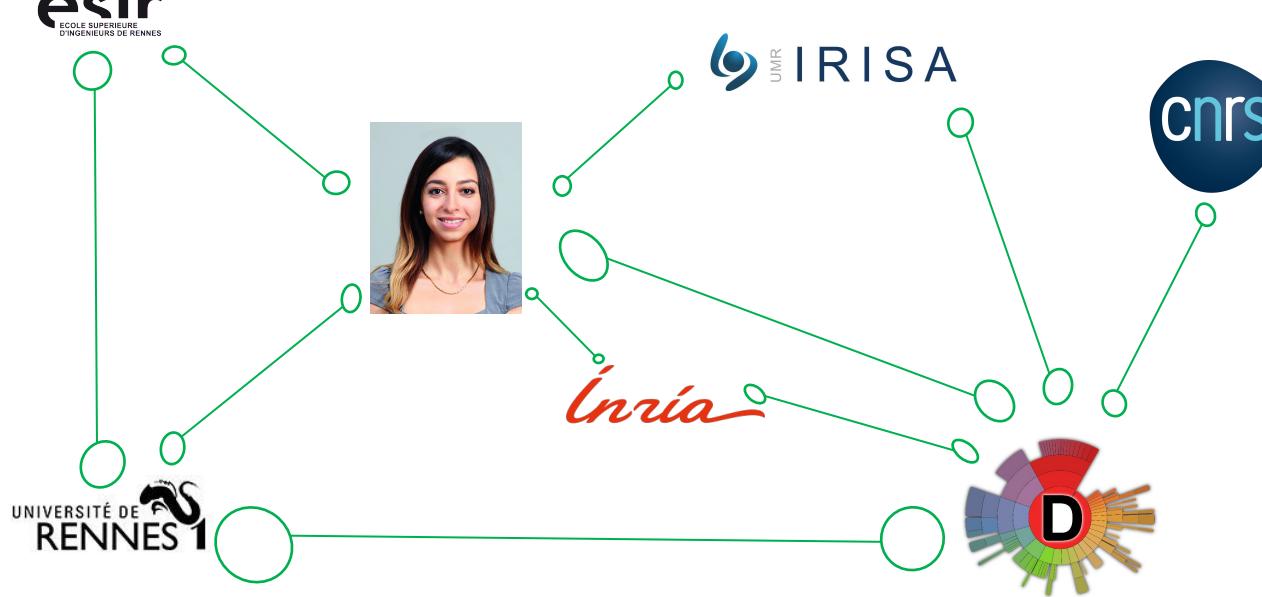
Cours programmation

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

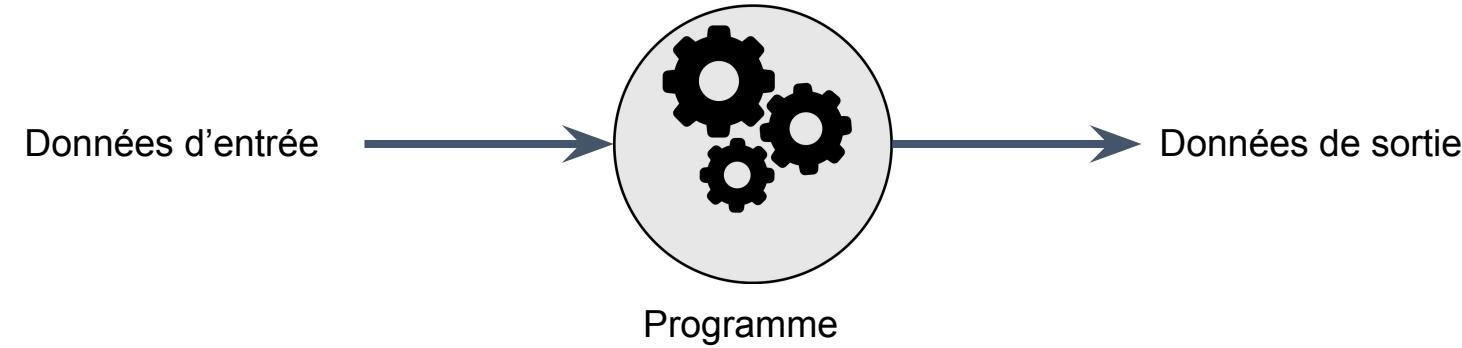
- 2 Devoirs :
  - 28/09/2021 (sur machine)
  - 29/10/2021 (sur machine)
- 1 Contrôle (sur table) :
  - 26/10/2021

# Table des matières

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

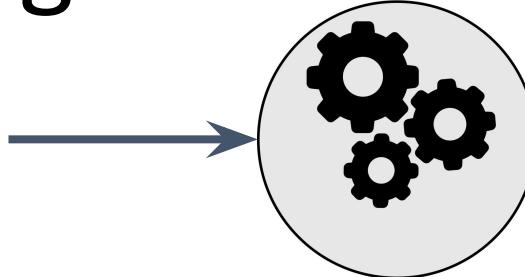
# Rappel de programmation

# Qu'est-ce qu'un programme ?



# Exemples de programmes

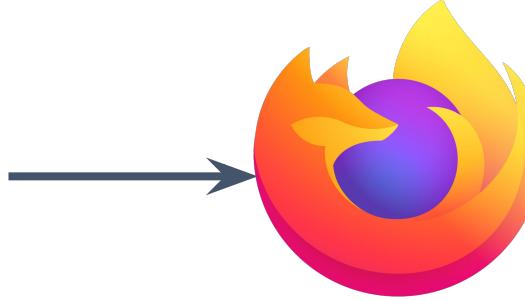
Données d'entrée : "(3 + 4) \* 5"



"35" est la sortie du programme

Calculatrice

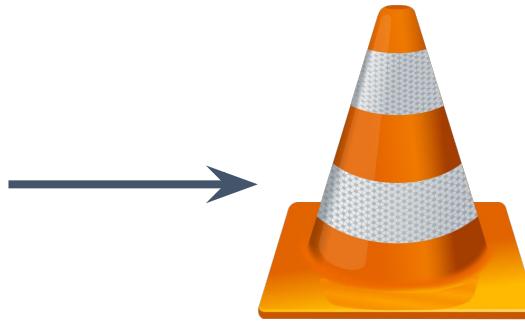
Données d'entrée : Clics de souris et saisies au clavier



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

Navigateur  
Firefox

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



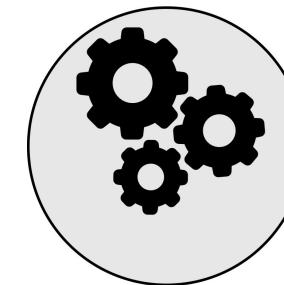
Jeu du son et des images vidéos en fonction du fichier donné en entrée

VLC media  
player  
Stéphanie Challita

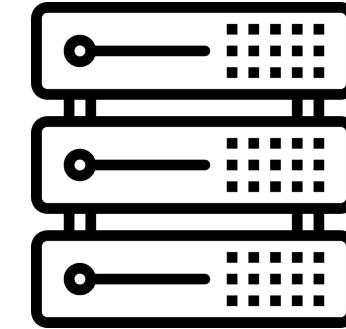
# Programmation



Fichiers sources



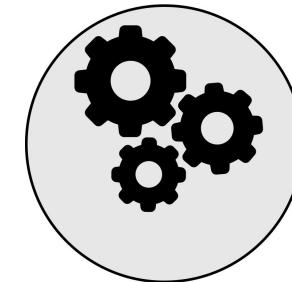
Compilateur ou  
Interpréteur



Machine

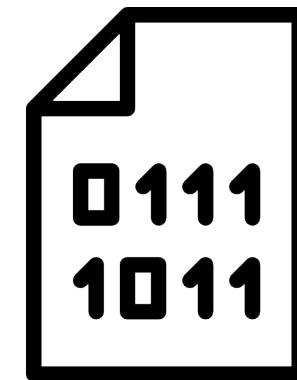
# Compilation

Compilateur



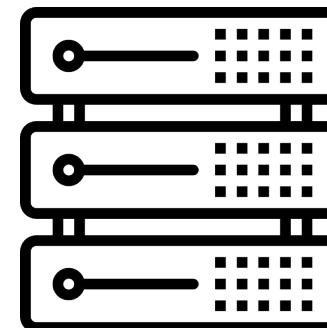
Fichiers sources

Compile



Fichiers binaires

Exécute

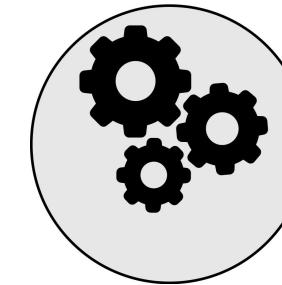


Machine  
Stephanie Challita

# Interprétation

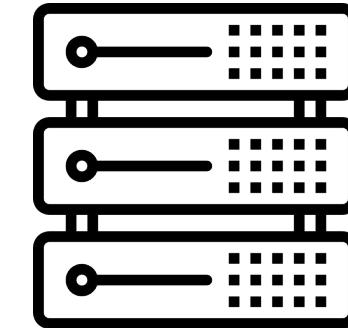


Fichiers sources



Interpréteur

Exécute

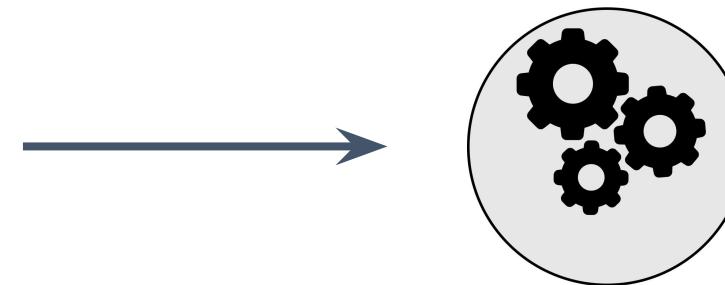


Machine

# Compilation en Java

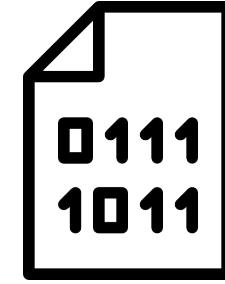


Fichiers sources  
.java

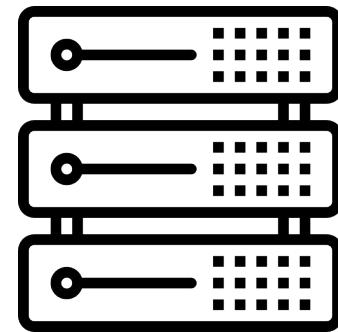


Compilateur  
Java

Compile

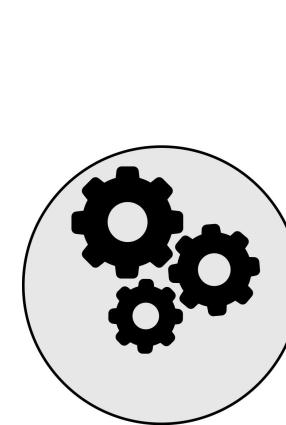


Fichiers binaires  
.class



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

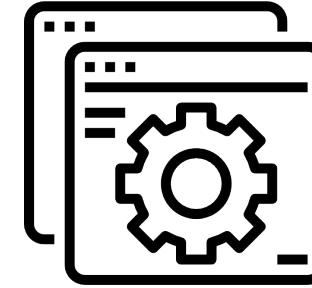
# Rappel : Principe des Tests Unitaires



Tests Unitaires

- ✓ Test réussit ->  
Fonctionnalité codée  
sans bug

Exécute  
→



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

# 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

## 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

# 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	*	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

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

bb8, r2d2

Stéphanie Challita

## Mémoire

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

bb8

## Mémoire

*	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**
- Un **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(""));
```

# 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(""));
```

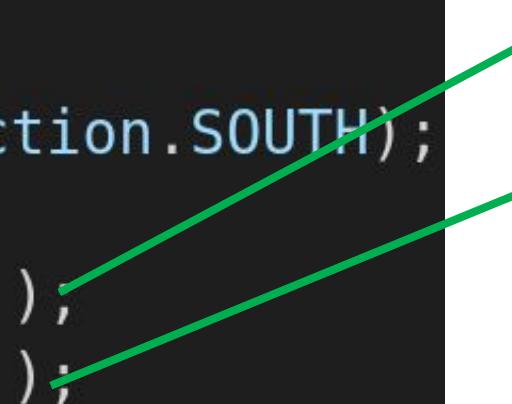
# Méthode standard : equals() usage

```
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

# 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**

# 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(""));
```

vrai

faux

# 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(""));
```

vrai

faux

# 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

# 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

# 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(""));
```

fau

vrai

vrai

fau

# 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(""));
```

Diagram illustrating the output of the equals() method for the Robot class:

- Statement 1: r2d2.equals(c3p0) → faux
- Statement 2: r2d2.equals(r2d2) → vrai
- Statement 3: r2d2.equals(bb8) → vrai
- Statement 4: r2d2.equals(null) → faux
- Statement 5: r2d2.equals("") → faux

# 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:

- L3 ?
- L4 ?

# 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'objets 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 références 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 méthodes spécifiques (`tear()` / `crush()`) 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     PairStringRobot p1 = new PairStringRobot("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

- Le comportement 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 fois et fonctionne pour tous les types de paramètres possibles

# Le type Pair<T1, T2> générique

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

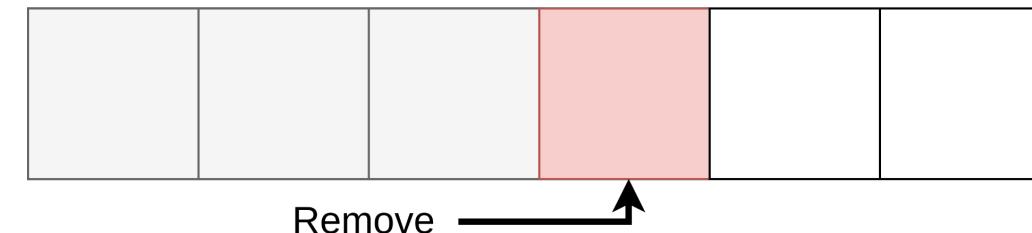
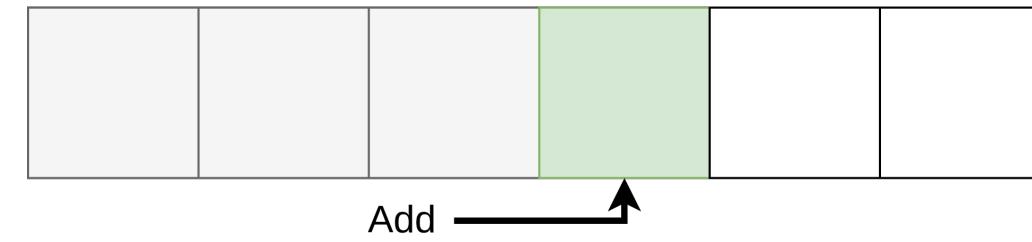
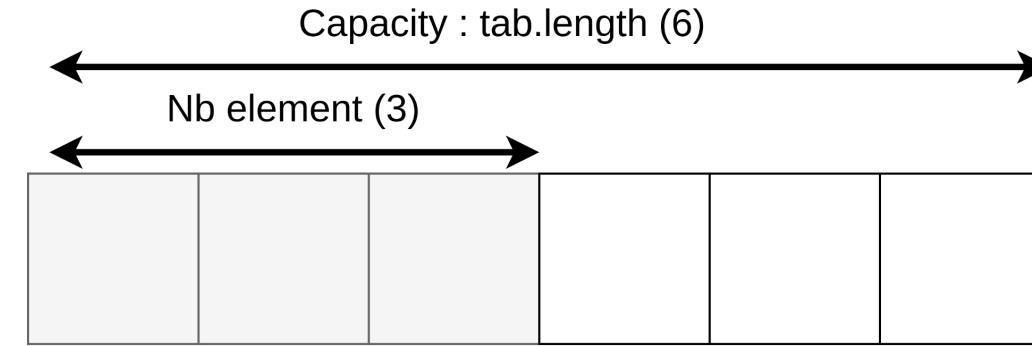
# Introduction

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

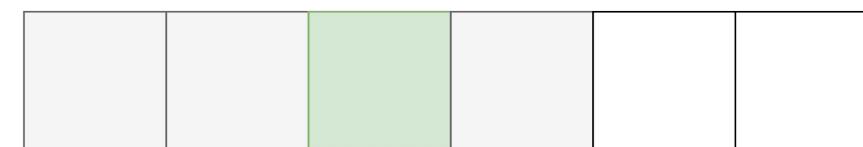
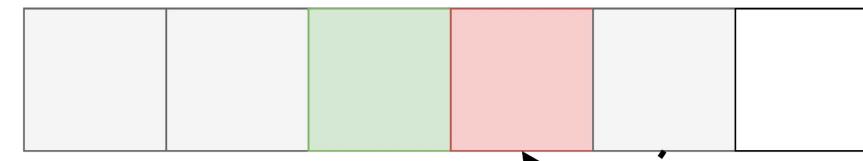
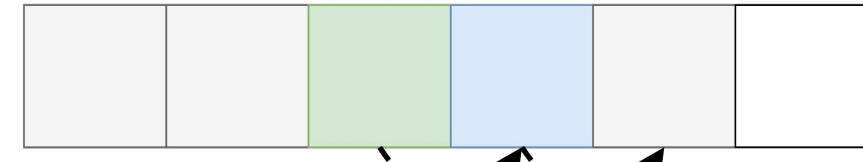
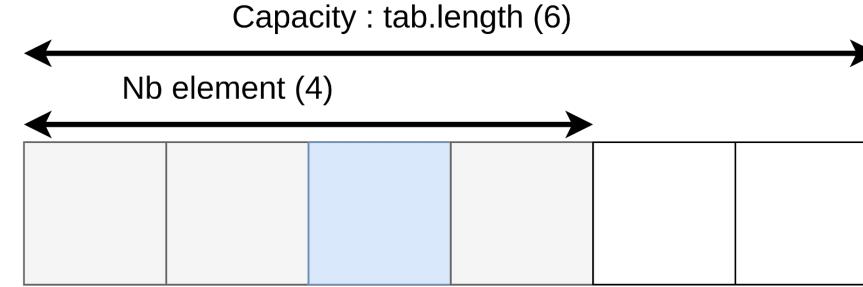
# Tableau

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

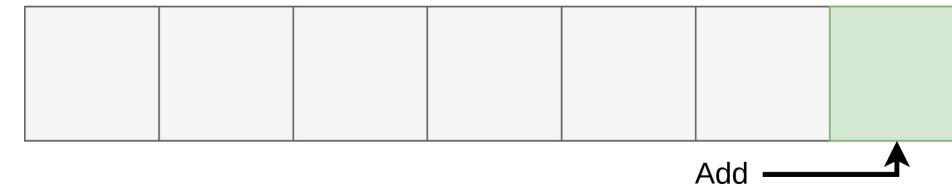
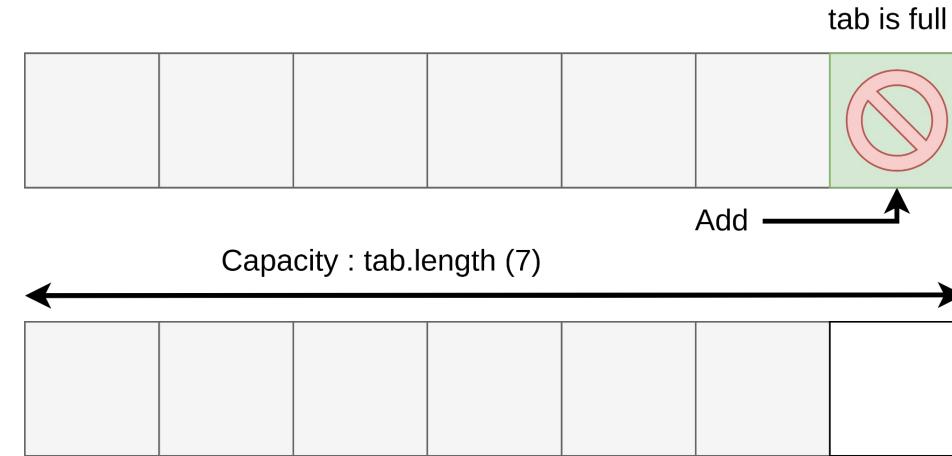
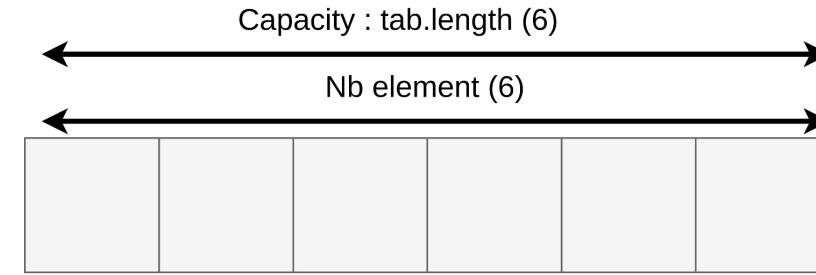
# Tableau : ajout/retrait en fin de tableau



# Tableau : ajout/retrait à un indice donné



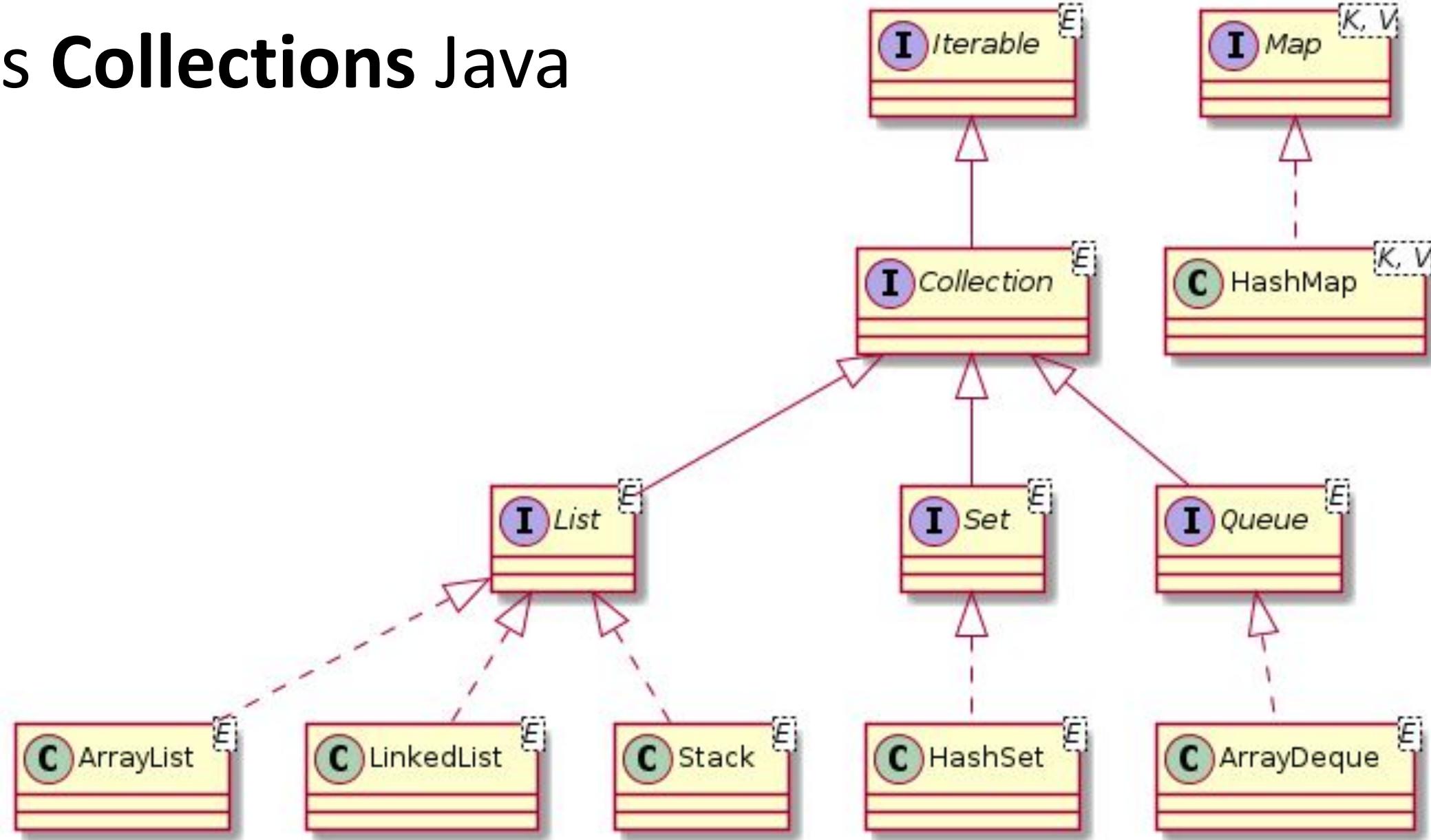
# Tableau : ajout d'élément dans tableau plein



# 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     extends Iterable<T> {
3
4     boolean add(E element);
5
6     boolean contains(E element);
7
8     boolean isEmpty();
9
10    Iterator<E> iterator();
11
12    boolean remove(E element);
13
14    int size();
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

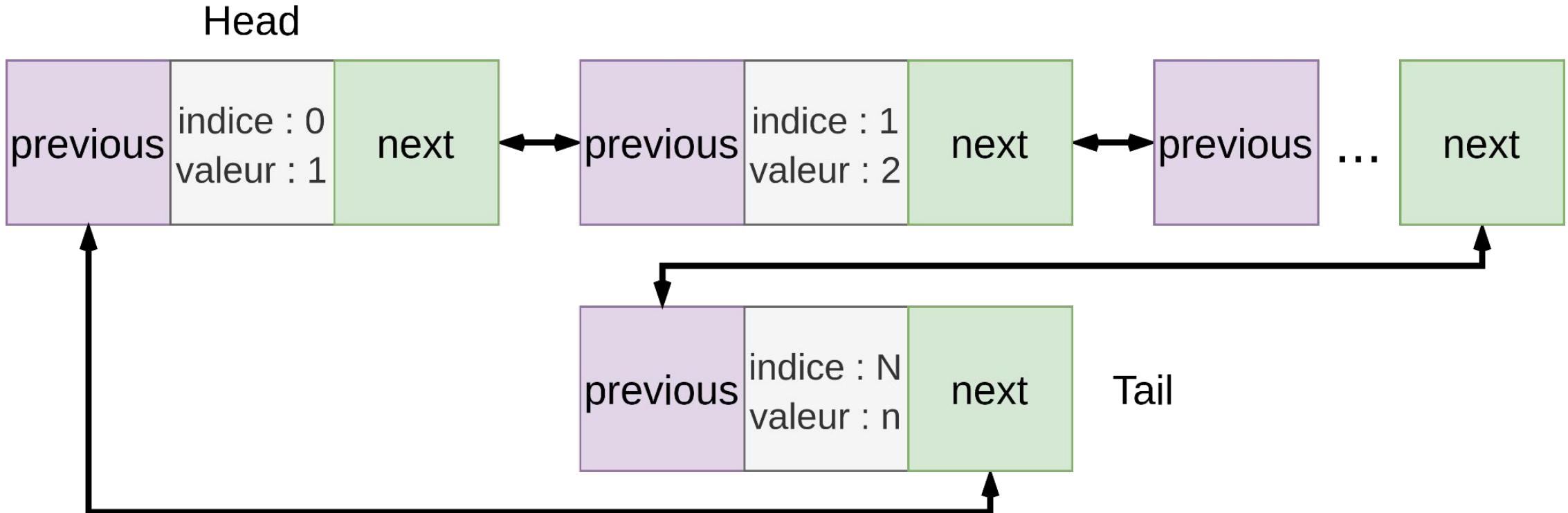
# List : ArrayList

- 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

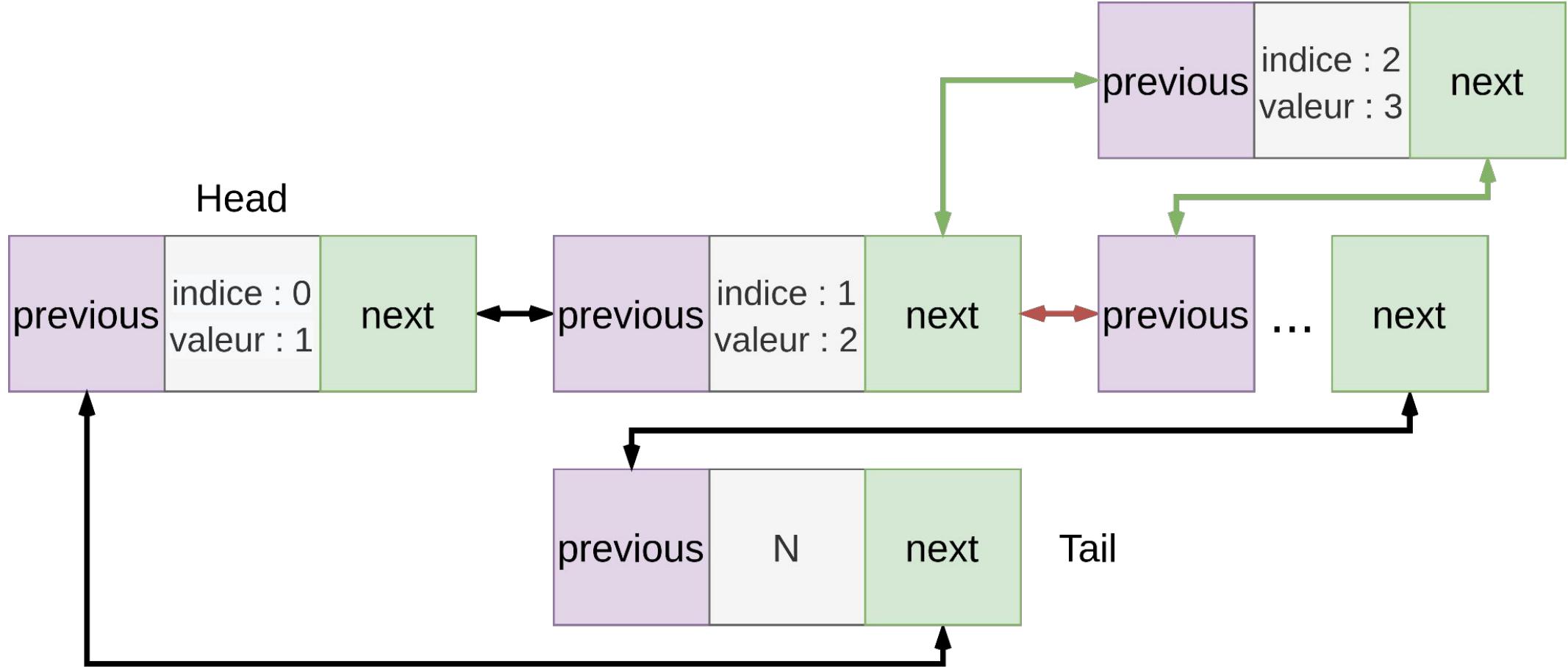
# List chaînée : LinkedList

- 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)

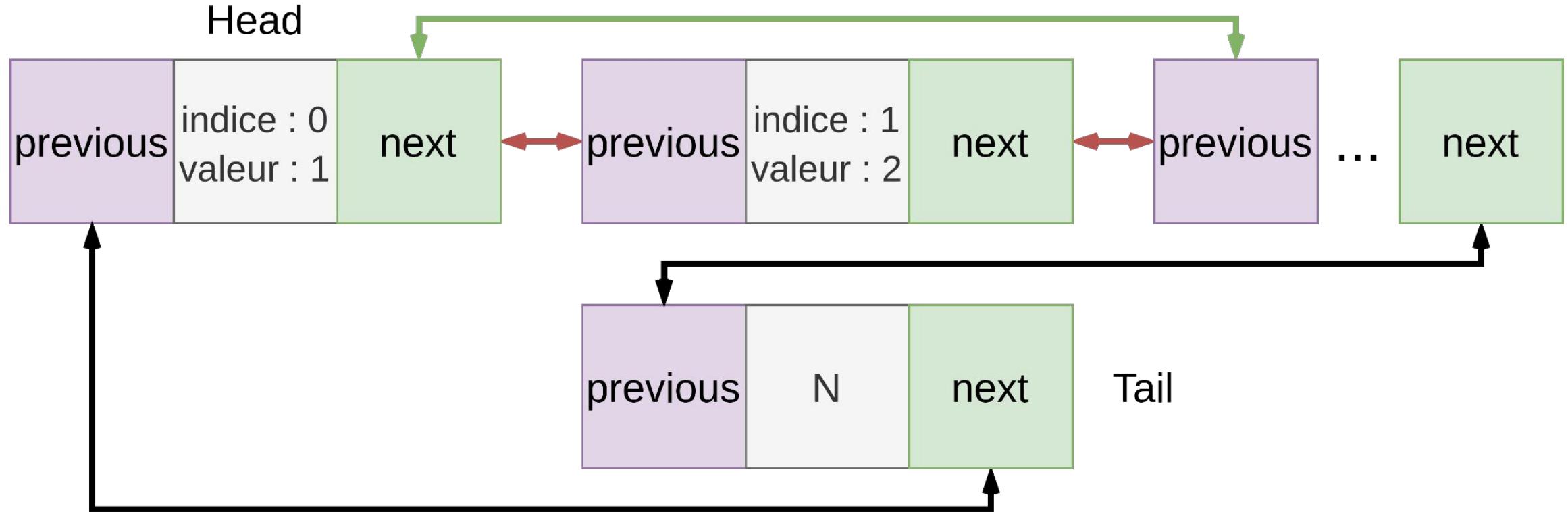
# List chaînée : LinkedList



# List chaînée : ajout



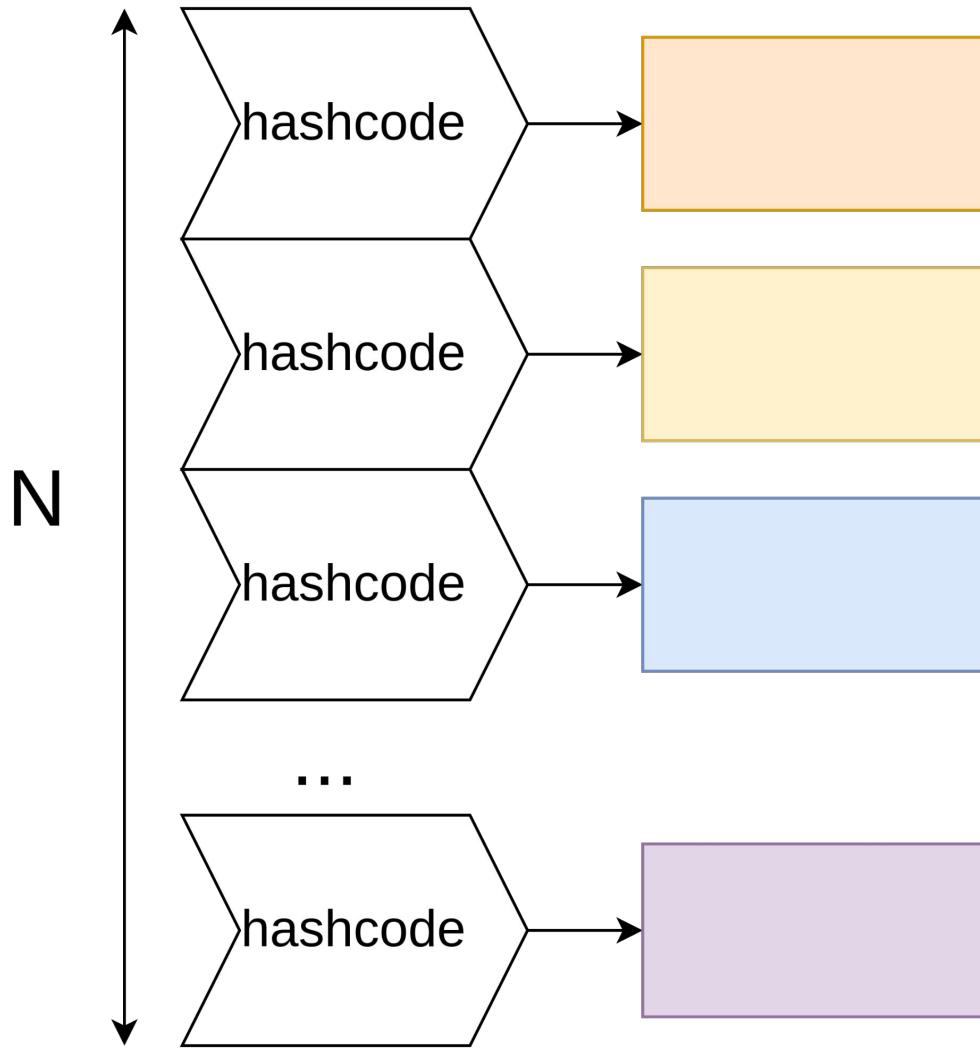
# List chaînée : suppression



# Ensemble : Set

- Ensemble au sens mathématique
- Ajout/suppression similaire au List avec add() et remove()
- 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 (le hashcode)
- 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()**

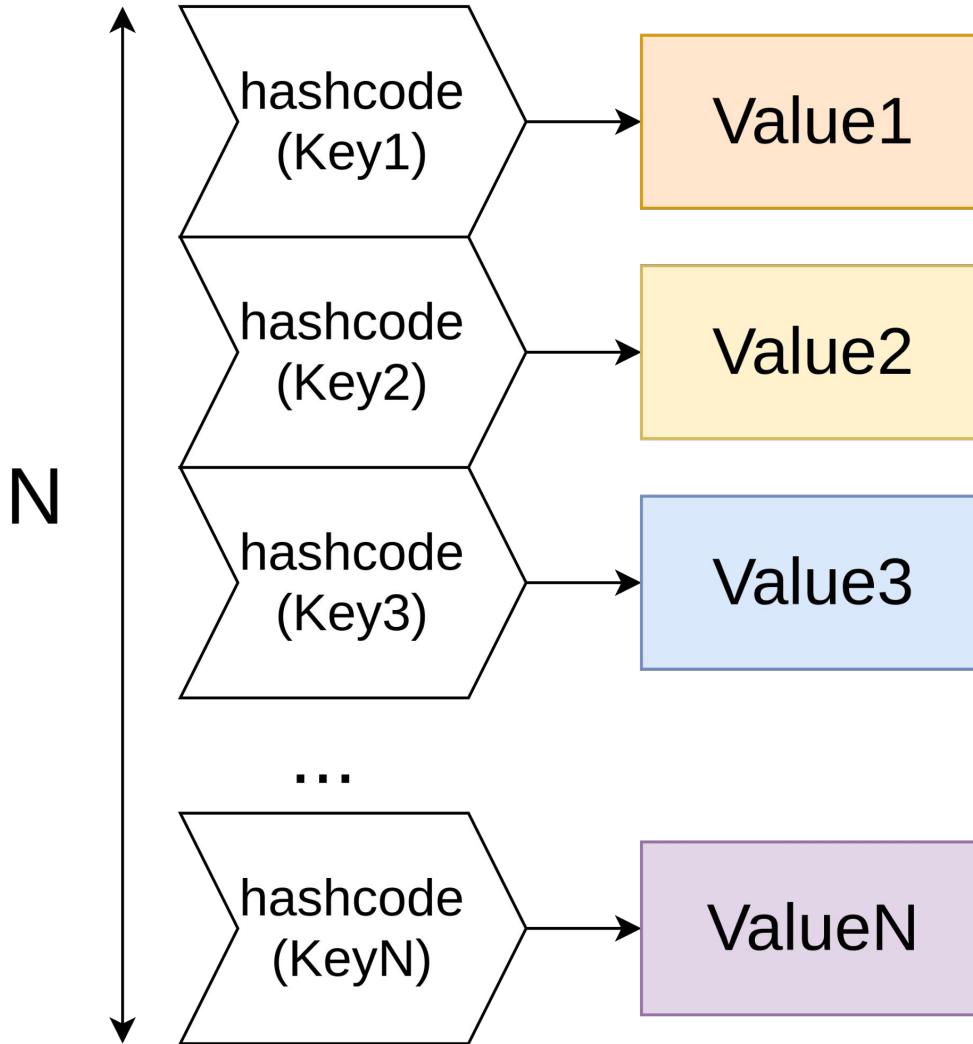
# TreeSet

- Utilise un “arbre” binaire
- La plupart des opérations ont le même coût
- 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 : HashMap<K,V>



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

# 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 Set<String> keys = robotsPerNames.keySet();  
8 for (String key: keys) {  
9     System.out.println(key + " " + robotsPerNames.get(key));  
10 }
```

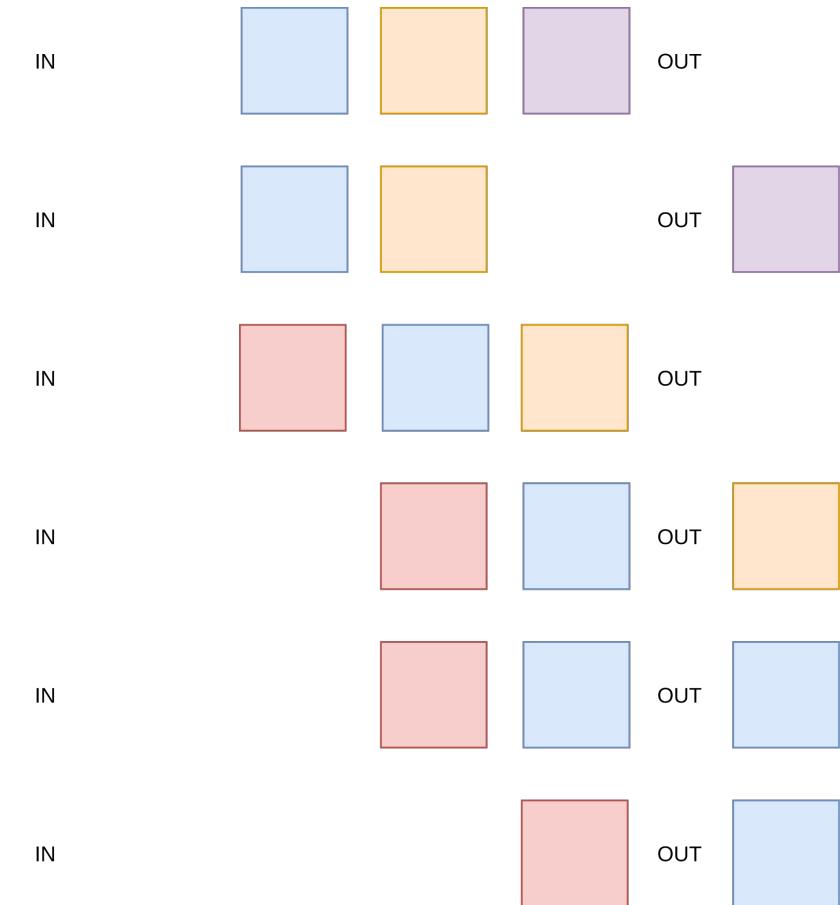
# File

- 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 ArrayDeque<Color>(4);  
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
```



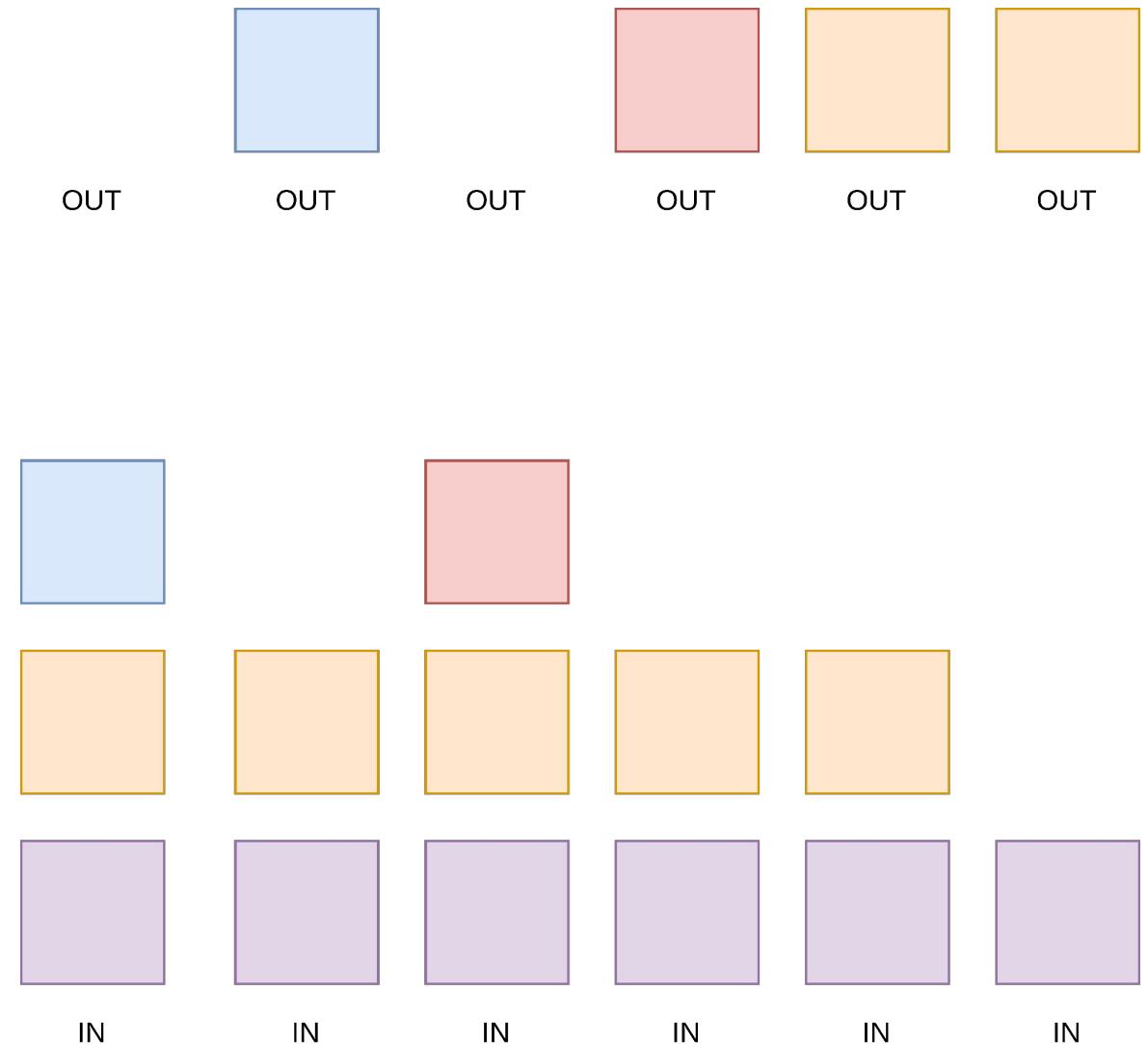
# Pile

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

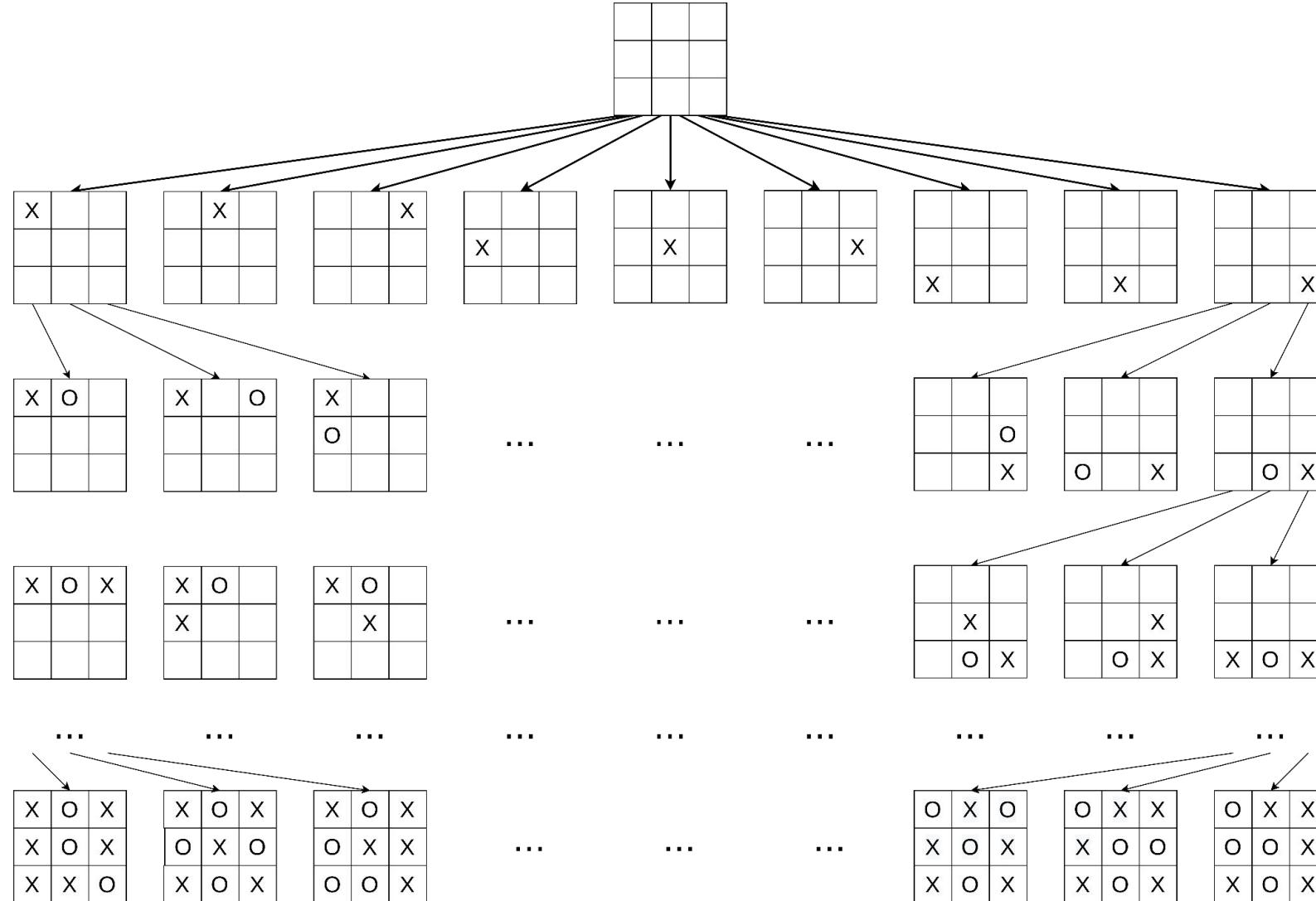
```
1 E push(E item);  
2 E peek();  
3 E pop();
```

# 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.pop(); // ORANGE
```



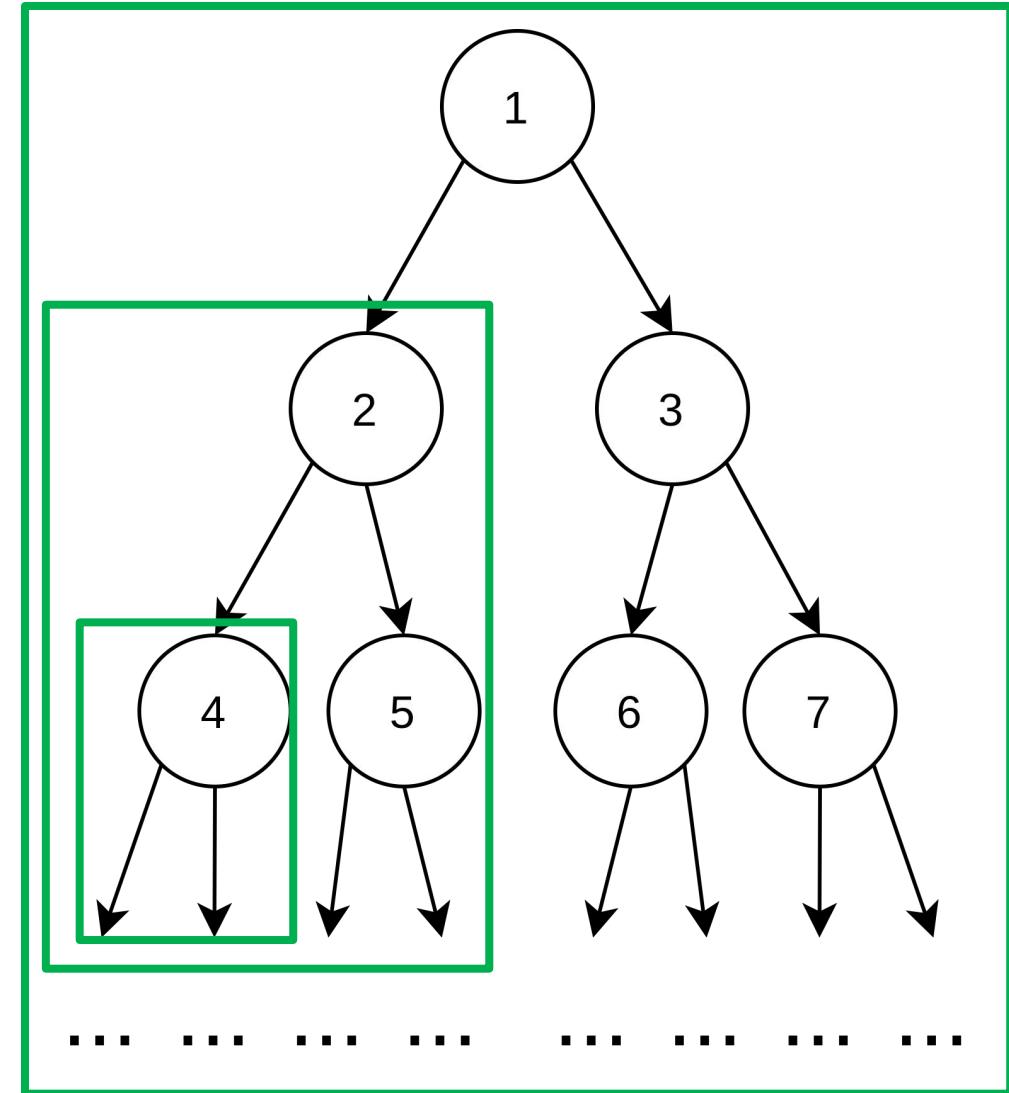
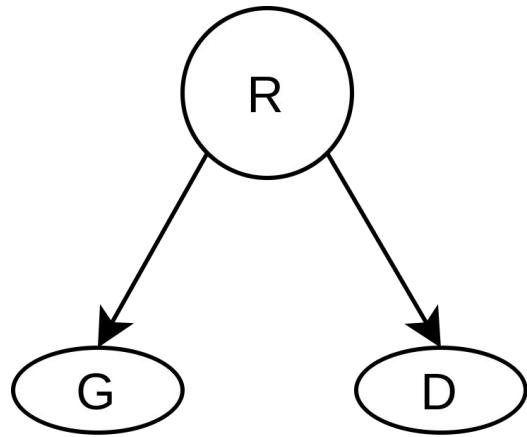
# Arbre : cas d'usage



# Arbre binaire

- Définition :

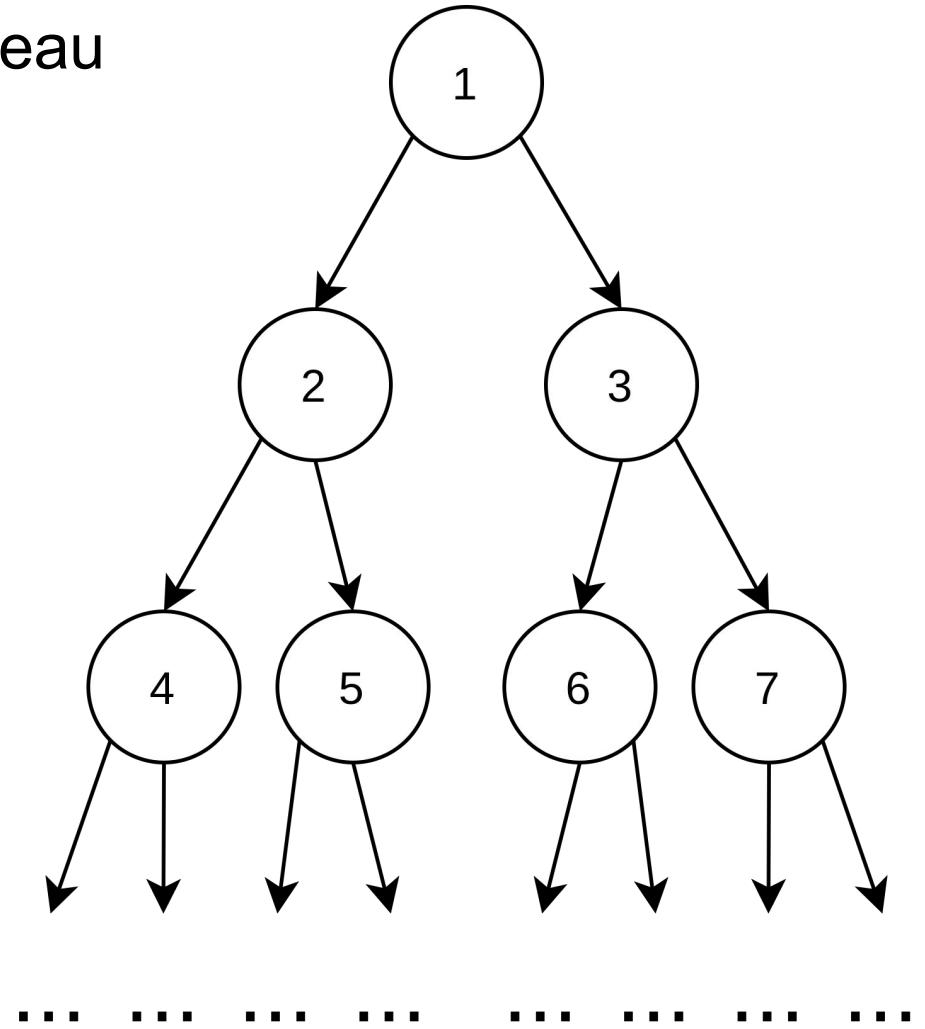
- soit vide
- soit avec une valeur **ET**  
2 fils qui sont des arbres binaires



# Arbre binaire : parcours en largeur

- De la racine, descendre niveau par niveau

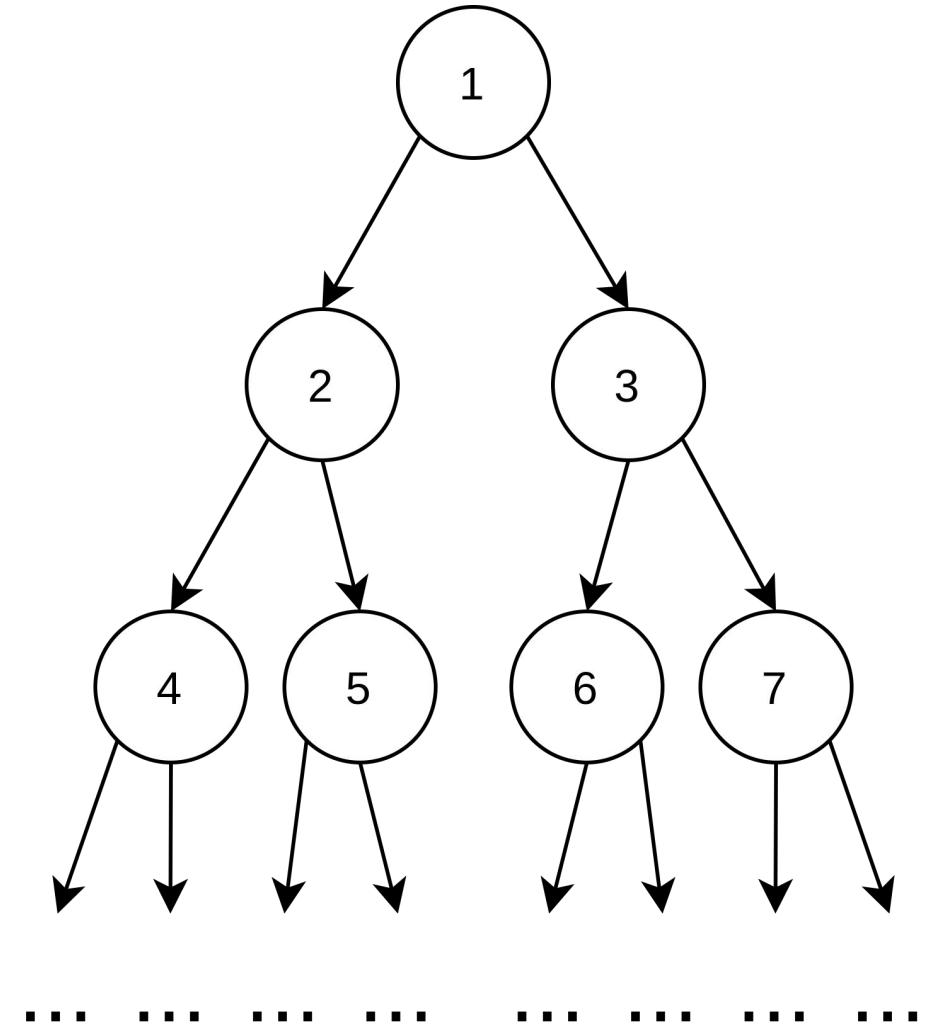
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ...



# 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 : exemple

```
1 BinaryTree<Integer> root = new BinaryTree<>();
2 root.setValue(1);
3 BinaryTree<Integer> node2 = new BinaryTree<>();
4 root.setValue(2);
5 BinaryTree<Integer> node4 = new BinaryTree<>();
6 root.setValue(4);
7 BinaryTree<Integer> node5 = new BinaryTree<>();
8 root.setValue(5);
9 node2.setLeft(node4);
10 node2.setRight(node5);
11 root.setLeft(node2);
```

# Arbre binaire : récursivité

```
1 public int size() {  
2     if (this.isEmpty()) {  
3         return 0;  
4     } else {  
5         return 1 + // taille de l'arbre actuel  
6             this.getLeft().size() + // taille du sous-arbre gauche  
7             this.getRight().size(); // taille du sous-arbre droit  
8     }  
9 }
```

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

$3 < 8 < 10$

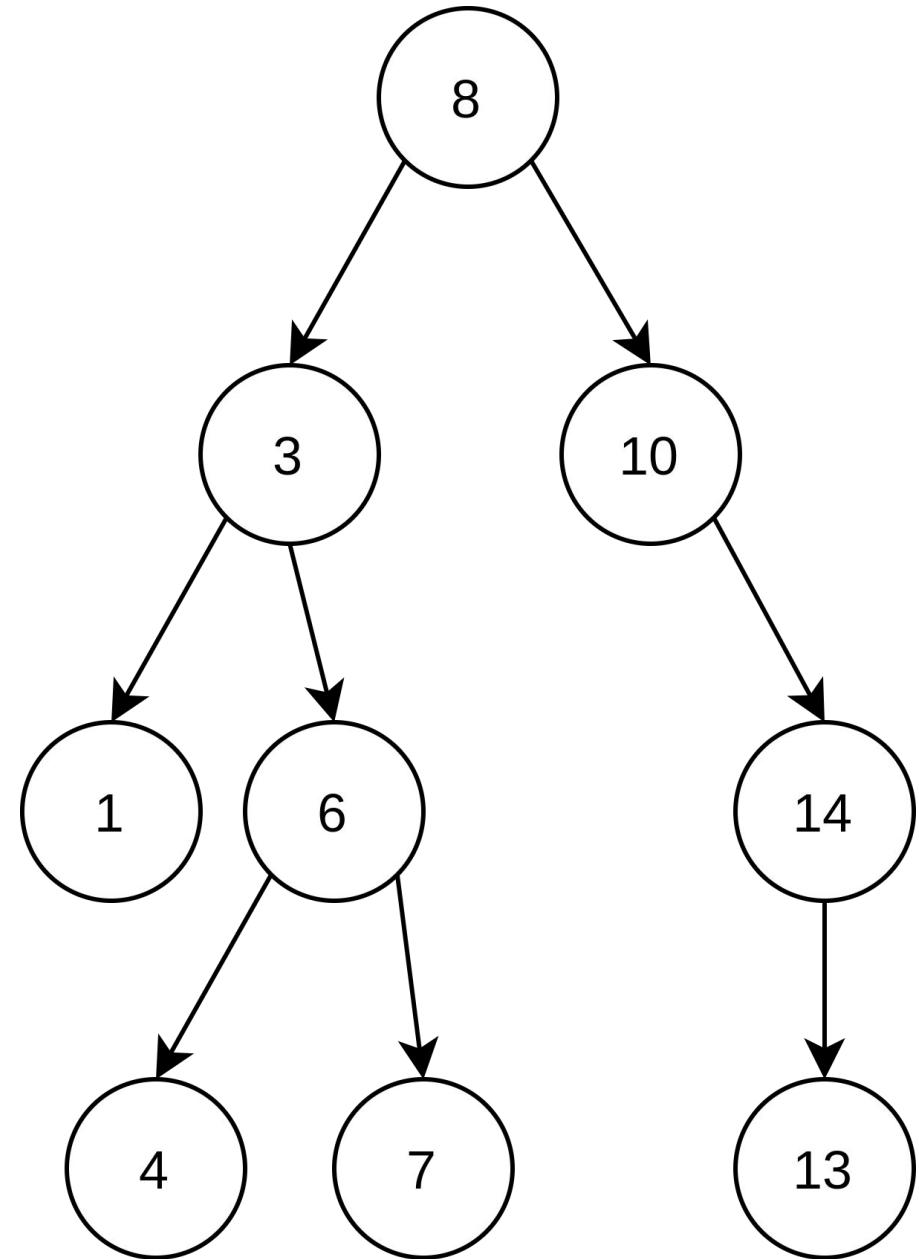
$1 < 8 < 14$

...

$4 < 8 < 13$

...

$1 < 3 < 6$



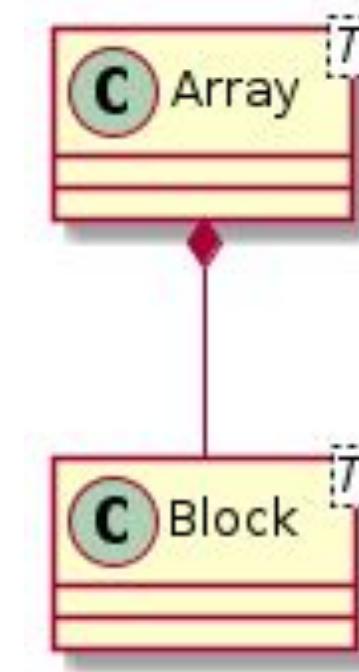
# Héritage

# 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
  - TP2 : Block<T>  
délègue la gestion des éléments au type Array<T>
- La notation A  B  
signifie que “B compose avec A”



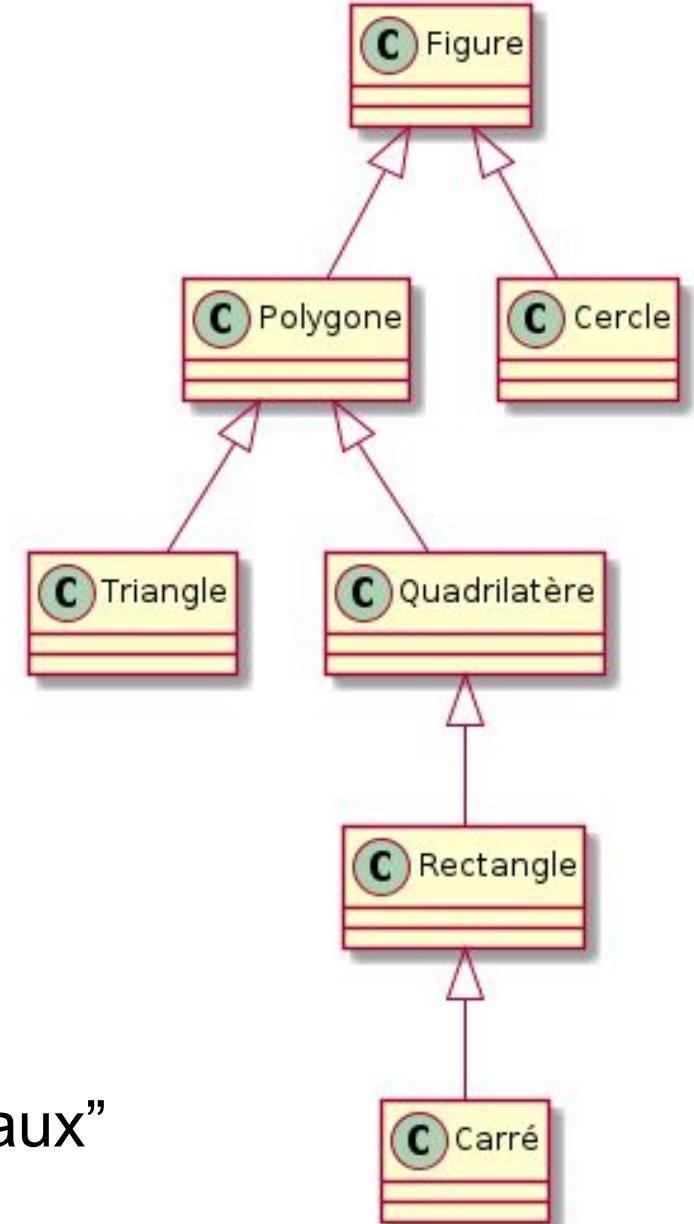
# Composition : Implémentation

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

```
1 public class Block<T> {  
2     // Composition avec Array<T>  
3     private Array<T> m_array;  
4  
5     public T get(int i) {  
6         // Délegation du stockage et de la gestion  
7         // à l'attribut de type Array<T>  
8         return this.m_array.get(i);  
9     }  
10 }
```

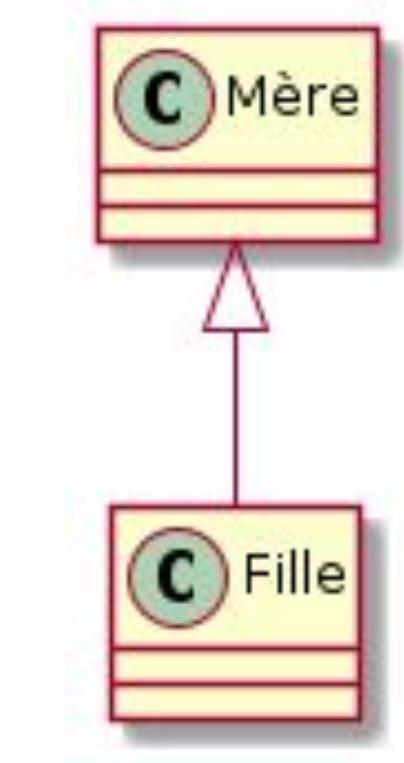
# Héritage

- 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 :
  - Disposer des attributs
  - Utiliser les méthodes publiques de la classe Mère
  - Redéfinir les méthodes publiques de la classe Mère
  - Ajouter de nouvelle méthodes



# Héritage : implémentation

```
1 public class Rectangle extends Quadrilatère {  
2     public int height;  
3     public int width;  
4     public void setHeight(int height) {  
5         this.height = height;  
6     }  
7     public int surface() {  
8         return this.height * this.width;  
9     }  
10 }  
11 public class Carré extends Rectangle {  
12     public void setHeight(int height) {  
13         this.height = height;  
14         this.width = height;  
15     }  
16     public String toString() {  
17         return this.surface();  
18     }  
19 }
```

- 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

```
1 public class Rectangle extends Quadrilatère {  
2     protected int height;  
3     protected int width;  
4     public void setHeight(int height) {  
5         this.height = height;  
6     }  
7     public int surface() {  
8         return this.height * this.width;  
9     }  
10 }  
11 public class Carré extends Rectangle {  
12     public void setHeight(int height) {  
13         this.height = height;  
14         this.width = height;  
15     }  
16     public String toString() {  
17         return this.surface();  
18     }  
19 }
```

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 méthodes**

## ■ 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

```
1 public abstract class Figure {  
2     protected String color;  
3     public abstract int surface();  
4     public String getColor() {  
5         return this.color;  
6     }  
7 }  
8 public class Cercle extends Figure {  
9     public int surface() {  
10         return // implementation of surface;  
11     }  
12     public String toString() {  
13         return this.color;  
14     }  
15 }
```

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

```
1 public class Rectangle extends Quadrilatère {  
2     public int surface() { return this.height * this.width; }  
3     public String toString() { return "RECT " + this.surface(); }  
4 }  
5 public class Carré extends Rectangle {  
6     public String toString() { return super.toString() + " " + this.surface(); }  
7 }
```

Mot-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

