Introduction à la programmation objet

Objectifs du module

Approche objet de la programmation

- Connaître et maîtriser les concepts de la programmation objet
  - Classe, instance/objet, attribut, méthode, constructeur, encapsulation, héritage, interface, polymorphisme, liaison tardive
- Adopter le "penser objet"
  - Savoir décomposer un problème en classes et objets
  - Savoir expliquer ce qui différencie le paradigme objet des autres paradigmes
- Connaître les principes ouvert-fermé, de substitution de Liskov et *KISS* (*Keep It Simple, Stupid*), et savoir les appliquer

Objectifs du module

Le langage Java

- Connaître les principaux éléments de la syntaxe du langage Java et pouvoir expliquer clairement leur rôle et leur sémantique
  - `new`, `this`, `super`, `public`, `private`, `protected`, `static`, `final`, `extends`, `implements`, `package`, `import`, `enum`, `throws`, `throw`
- Savoir écrire (et corriger) un programme dans le langage Java
  - Maîtriser les "outils" pour développer en Java : `javac`, `java` (et `classpath`), `javadoc`, `jar`, *IDE*, débogueur
  - Comprendre le transtypage (*upcast*/*downcast*)
  - Être en mesure de choisir une structure de données appropriée et savoir utiliser les types Java `List`, `Set`, `Map` et `Iterator`
  - Savoir gérer les exceptions et connaître la différence entre la capture et la levée d'une exception

Au menu

Au menu

Paradigme de programmation

- Est un style fondamental de programmation informatique qui traite de la manière dont les solutions aux problèmes doivent être formulées dans un langage de programmation (source : `Wikipédia`)
- Exemples de paradigme de programmation
  - Paradigme impératif (*e.g.*, Pascal, C)
  - Paradigme objet (*e.g.*, Java)
  - Paradigme fonctionnel (*e.g.*, Lisp)
  - Paradigme logique (*e.g.*, Prolog)
  - *etc.*

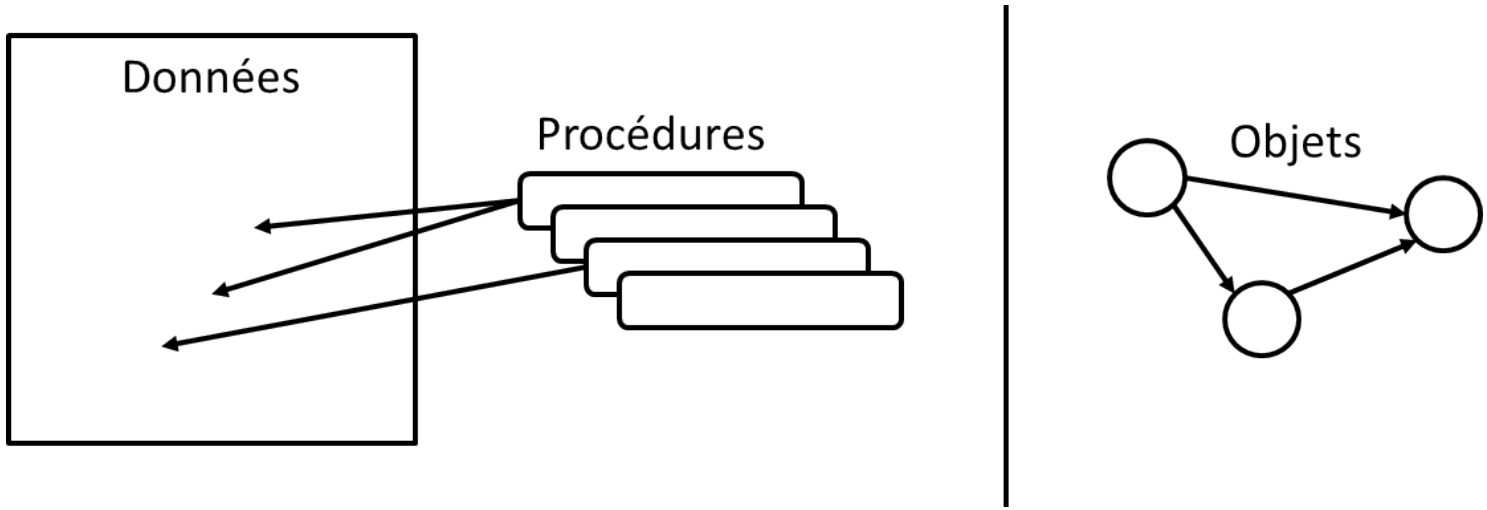
Programmation impérative et modulaire

- Programmation impérative
  - Un programme est une séquence d'instructions exécutées par un ordinateur pour modifier son état
  - Instructions : affectations, séquences, structures conditionnelles et itératives
- Programmation modulaire
  - Un programme est décomposé en éléments plus simples afin de faciliter son développement et permettre la réutilisation
    - ★ Principe diviser pour mieux régner
  - Éléments : procédures, fonctions, modules, unités
- Exemples de langage : Pascal, C...

Programmation objet

- Programmation objet
  - Un programme est un ensemble d'objets qui interagissent
  - Reprend et prolonge la démarche modulaire : décomposition d'un problème en parties simples
  - La programmation des traitements reste impérative
  - Plus intuitive car s'inspire du monde réel pour une modélisation plus naturelle
  - Facilite la réutilisation et la conception de grandes applications
- Exemples de langage : Java, C++, C#, Python, PHP5...

Programmation impérative vs programmation objet



Historique des langages de programmation objet

- 1967 : Simula
  - Langage à classes
- 1972 : Smalltalk
  - Langage "pur" objet
- 1983 : C++
- 1986 : Eiffel
- 1988 : CLOS (*Common Lisp Object System*)
- 1991 : Python

Historique de Java

- Début des années 90 : langage Oak (chêne)
  - Créé par James Gosling (*Sun Microsystems*)
  - Destiné à la programmation des systèmes embarqués
  - Objectif principal : améliorer le C++
  - Rebaptisé Java en 1994
- 1995 : Java 1.0
  - Lien avec le Web (applet)
  - Versions 1.1 (JavaBeans, RMI, JDBC)
- 1998 : Sun appelle Java 2 les versions de Java
  - 1.2 (Swing, optimisation JVM, collections), 1.3, 1.4 (assertions, regexp)
- 2004 : Java 5.0 (annotations, types génériques, `enum`, `foreach`)
  - Changement dans le système de numérotation (mais encore JDK 1.5)
- 2006 : Java 6 (amélioration de l'API, intégration SGBD)
- 2010 : Oracle rachète Sun
- 2011 : Java 7
- 2014 : Java 8 (version courante)

Caractéristiques de Java (1)

- Simple et familier
  - Basé sur C/C++, sans certaines caractéristiques compliquées ou mal utilisées (*e.g.*, pas de pointeur, pas de gestion explicite de la mémoire)
- Orienté objet
  - Modèle objet propre tout en fournissant un accès à des types primitifs (`int`, `float`, *etc.*)
    - ★ Approche hybride adoptée pour des raisons de performance qui sont aujourd'hui largement obsolètes
  - Héritage simple + interfaces
  - Vaste bibliothèque standard (réutilisation)
- Portabilité du code source et des fichiers binaires (*bytecode*)
  - *Write once, run anywhere*
    - ★ Un code Java peut s'exécuter partout (*i.e.*, quels que soient le matériel et le système d'exploitation) où il existe une machine virtuelle Java (du moins en théorie)
  - Bibliothèque standard indépendante
  - Définition (sémantique) précise du langage

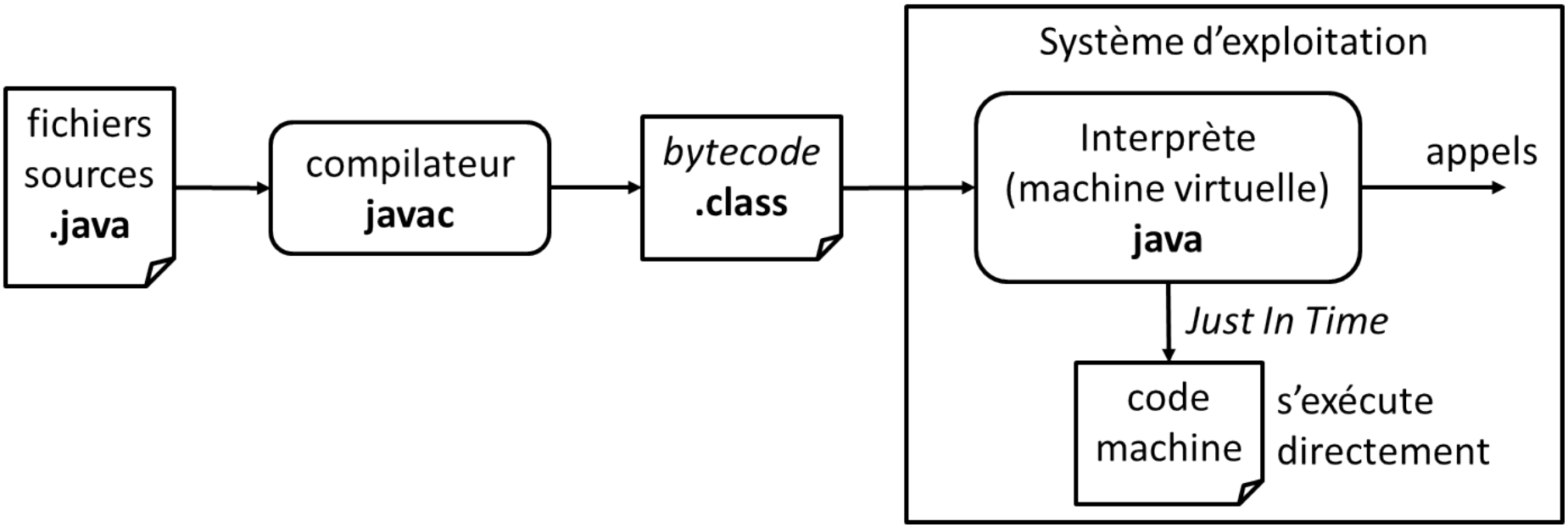
Caractéristiques de Java (2)

- Sûr
  - Fortement typé
    - ★ Vérification de type statique
  - Transtypage contrôlé
  - Contrôle de l'accès à la mémoire
    - ★ Pas de risque d'écrasement, pas de dépassement de tampon
    - ★ Pas d'arithmétique des pointeurs
    - ★ Vérification des bornes d'un tableau
  - Gestion automatique de la mémoire (ramasse-miettes)
    - ★ Pas de fuite mémoire
- Sécurisé
  - Interprété, s'exécute sur une machine virtuelle protégée
  - Bac à sable
    - ★ Par exemple, le code d'un applet ne peut pas accéder à la machine (sauf par des moyens clairement définis)
  - Vérification du *bytecode*, signature de code, autorisation d'accès

Caractéristiques de Java (3)

- Dynamique
  - Chargement de classes et édition des liens dynamiques
    - ★ Permet d'étendre des systèmes à l'exécution
    - ★ Minimise les re-compilations et facilite la modularité
  - Introspection
    - ★ Capacité d'un programme à examiner et modifier sa structure et son comportement à l'exécution
- Distribué
  - Applets, servlets, RMI, Corba
- *Multi-threadé*
  - Exécution parallèle dans le même espace d'adressage

Comment marche Java ?



- Java est un langage compilé et interprété !
- *Bytecode* est un code intermédiaire pour la JVM, indépendant de la plate-forme, qui ne peut pas être directement exécuté par la machine
  - Quelle que soit la plate-forme (Windows, Linux, MacOS, *etc.*) :
    - ★ Est obtenu par compilation identique
    - ★ S'exécute à l'identique
  - Moins performant que le code natif (*e.g.*, `.exe`) ?

Performances de Java

- Java a souffert des problèmes de performance pendant de nombreuses années par rapport à d'autres langages qui ont été directement compilé pour une plate-forme/machine particulière
  - Par exemple, C/C++
- Aujourd'hui, l'utilisation de la compilation à la volée (*Just In Time*) a largement éliminé ces problèmes
- La JVM est continuellement améliorée avec de nouvelles techniques
  - Interfaces de code natif (accès à des bibliothèques C) pour gagner en vitesse si nécessaire
  - Cache mémoire pour éviter le chargement (et la vérification) multiple d'une même classe
  - Ramasse-miettes : processus indépendant de faible priorité
- Java fournit d'excellentes performances pour de nombreux *frameworks* dans de nombreux domaines
- Minecraft est développé en Java + OpenGL

Que faut-il pour faire du Java ?

- Un éditeur de texte : emacs, vi, Notepad++, *etc.*
- Un kit de développement : JDK (*Java Development Kit*)
  - `javac` : compilateur
  - `java` : machine virtuelle pour une plate-forme particulière
  - `javadoc` : générateur de documentation HTML
  - `jar` : constructeur d'archives
  - `jdb` : débogueur
  - *etc.*
- Des outils d'automatisation : Ant, Makefile, *etc.*
- Un environnement de développement (IDE - *Integrated Development Environment*) : Eclipse, IntelliJ, Netbeans, *etc.*

Différentes plate-formes

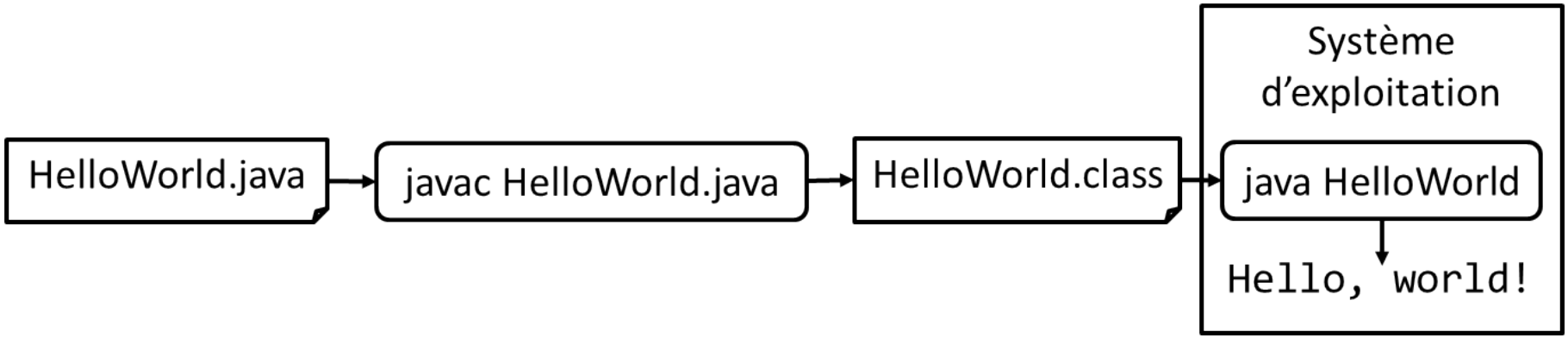
- *Java Platform, Standard Edition* (Java SE)
  - *Java Runtime Environment* (JRE) : environnement d'exécution
    - ★ Java API, JVM, *etc.* pour exécuter une application/applet Java
  - *Java Development Kit*(JDK) : kit de développement
    - ★ JRE + outils de développement (compilateur, *etc.*)
- *Java Platform, Enterprise Edition* (Java EE)
  - Développement d'applications d'entreprise multi-couches (client/serveur) orientées composants (JavaBeans), services Web (servlet, JSP, XML), *etc.*
  - Inclus Java SE
- *Java Platform, Micro Edition* (Java ME)
  - Développement d'applications pour les téléphones mobiles, PDA et autres systèmes embarqués
  - Optimisé pour la mémoire, la puissance de traitement et les entrées/sorties

Premier programme : HelloWorld.java

```
public class HelloWorld {
   public static void main(String[] args) {
      System.out.println("Hello, world!");
   }
}
```

- Une classe par fichier
- Le nom de la classe est le même que celui du fichier

Compilation et exécution



- Compilation : `> javac HelloWorld.java`
  - Détermine les dépendances et compile tous les fichiers nécessaires
    - ★ Il suffit donc de compiler la classe principale
  - Produit autant de fichiers `.class` qu'il y a de classes (ici, `HelloWorld.class`)
- Exécution : `> java HelloWorld`
  - Lance la JVM en exécutant la méthode `main` de la classe `HelloWorld`
    - ★ Attention à ne pas mettre d'extension derrière le nom de la classe !
    - ★ Peut être suivie d'arguments
  - Affiche dans la console : `Hello, world!`

Classpath

- Par défaut, les outils du JDK cherchent les classes dans le répertoire courant
- Si les classes sont dans plusieurs répertoires, utiliser le `classpath` :
  - Soit avec l'option `-classpath` des outils du JDK
  - Soit avec la variable d'environnement `CLASSPATH`
- Nécessaire dès que des bibliothèques (*e.g.*, JUnit, Log4J) qui sont dans des répertoires ou fichiers d'archive (.jar) propres sont utilisées
- Exemples :
  - Unix : `javac -classpath /foo/junit.jar:. HelloWorld.java`
  - Windows : `java -classpath \foo\junit.jar;. HelloWorld`
  - Les classes sont cherchées dans `junit.jar`, puis dans le répertoire courant (`.`)

La méthode principale `main`

```
public static void main(String[] args) {
   ...
}
```

- Est publique et statique
- Ne retourne pas de valeur (`void`)
- Prend un seul paramètre : un tableau de chaîne de caractères correspondant aux arguments de la ligne de commande
- Est le point de départ de l'exécution du programme
- Chaque classe peut ou non définir sa méthode principale

Un peu de lecture

- James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, and Gilad Bracha, *The Java Language Specification*, Addison-Wesley, 3rd Edition, 2005
- Kathy Sierra and Bert Bates, *Head First Java*, O'Reilly Media, 2nd Edition, 2005
- Bruce Eckel, *Thinking in Java*, Prentice-Hall, 4th Edition, 2006
- Joshua Bloch, *Effective Java*, Addison-Wesley, 2nd Edition, 2008
- Ben Evans and David Flanagan, *Java in a Nutshell*, O'Reilly Media, 6th Edition, 2014
- Java API : `http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/`

Au menu

Commentaires

```
public class HelloWorld {
  /*
   * Ceci est un commentaire en bloc
   */
   public static void main(String[] args) {
     // Ceci est un commentaire en pleine ligne
     System.out.println("Hello, world!"); // fin de ligne
   }
}
```

- Les commentaires en bloc peuvent s'étendre sur plusieurs lignes
  - À utiliser avant des classes ou des méthodes
- Les commentaires sur une ligne s'étendent jusqu'à la fin de la ligne
  - À utiliser à l'intérieur des méthodes
- Rappel : les commentaires ne doivent pas paraphraser le code

Javadoc

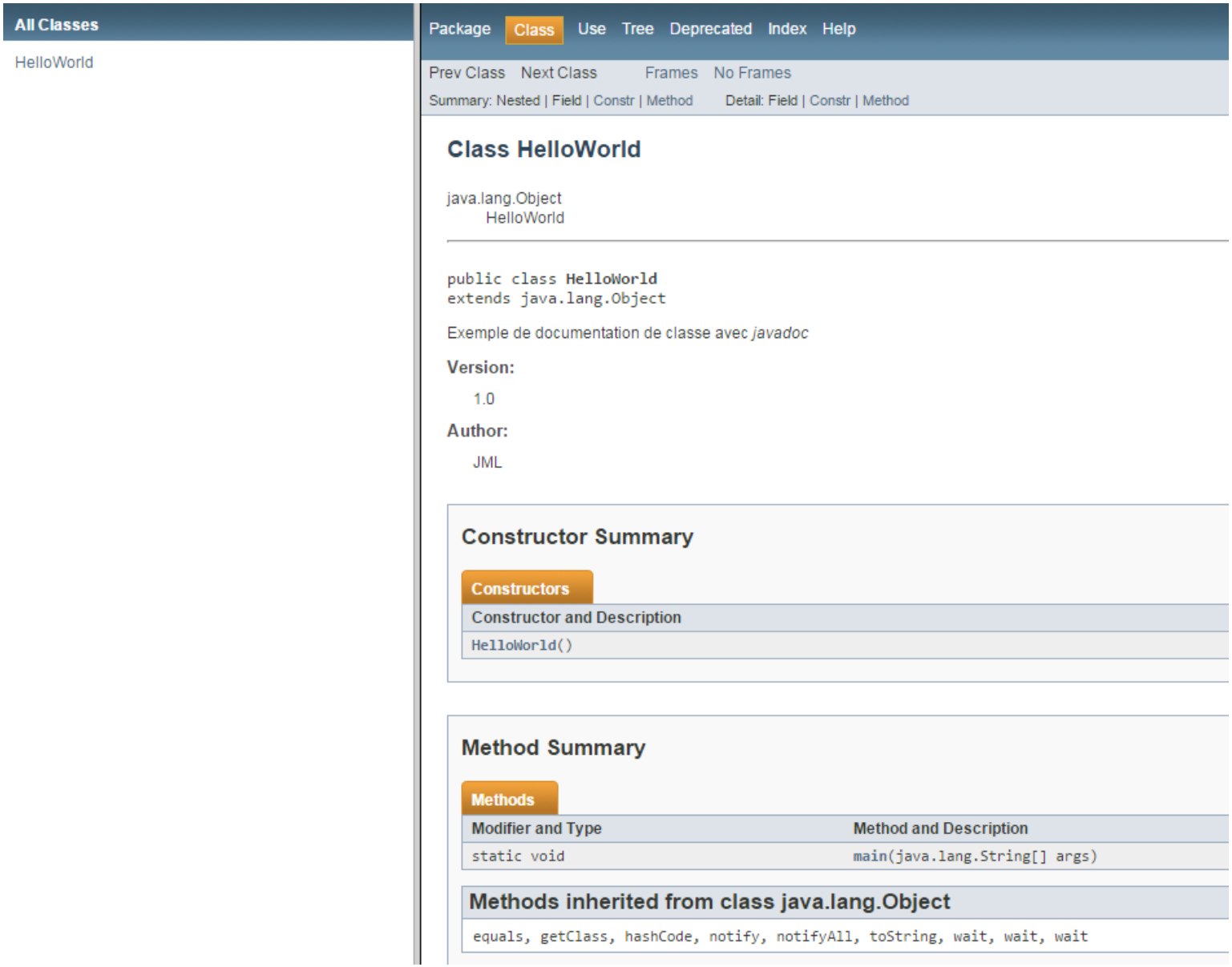
- Outil fourni dans le JDK : > `javadoc HelloWorld.java`
- Permet de produire automatiquement une documentation des classes Java au format HTML à partir des commentaires de leur code source
  - La documentation est directement rédigée dans le code source Java
    - ★ Facilite sa mise à jour
    - ★ Favorise (mais ne garantit pas) sa cohérence
- Permet une présentation standardisée de la documentation des classes Java

Commentaires structurés

```
/**
 * Exemple de documentation de classe avec <i>javadoc</i>
 * @author JML
 * @version 1.0
 */
public class HelloWorld {
   ...
}
```

- Sont exploités par l'outil `javadoc`
- Sont placés avant l'élément (*i.e.*, classe, méthode, attribut) à documenter
- Peuvent contenir :
  - Des tags commençant par `@`
    - `@author` : nom du développeur
    - `@param` : documente un paramètre de méthode
    - `@return` : documente la valeur de retour
    - *etc.*
  - Des éléments HTML

Exemple de Javadoc



All Classes

HelloWorld

Package Class Use Tree Deprecated Index Help

Prev Class Next Class Frames No Frames

Summary: Nested | Field | Constr | Method Detail: Field | Constr | Method

Class HelloWorld

java.lang.Object
HelloWorld

```
public class HelloWorld
extends java.lang.Object
```

Exemple de documentation de classe avec *javadoc*

Version:

1.0

Author:

JML

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description
HelloWorld()

Method Summary

Methods

Modifier and Type	Method and Description
static void	main(java.lang.String[] args)

Methods inherited from class java.lang.Object

equals, getClass, hashCode, notify, notifyAll, toString, wait, wait, wait

Types primitifs

- `boolean` (1 octet) : `true` et `false`
  - En Java, aucun type ne peut être casté en booléen (`int` inclus)
  - Un booléen ne peut pas non plus être casté en un autre type
- Entier non signé
  - `char` (2 octets) : 0 à 0xffff (pour les caractères Unicode)
- Entier signé
  - `byte` (1 octet) : -128 à 127
  - `short` (2 octets) : -32768 à 32767
  - `int` (4 octets) : -2147483648 à 2147483647
  - `long` (8 octets) : -9223372036854775808 à 9223372036854775807
- Nombre à virgule flottante signé
  - `float` (4 octets) : 2^{-149} à $2^{128} - 2^{104}$
  - `double` (8 octets) : 2^{-1074} à $2^{1024} - 2^{971}$

Autres types

- Type référence
  - Fait référence à un objet en mémoire (pas un type primitif)
  - Peut être `null` si la référence ne se réfère à rien
  - Exemples : `String`, `Integer`
- En Java, les tableaux sont aussi des types référence
  - `int[] numArray; //` à préférer
  - `int numArray[]; //` marche aussi

Littéraux

- Un booléen est simplement `true` ou `false`
- Une valeur entière est directe
  - `int i = 22`
- Toutefois, un littéral de type `long` utilise le suffixe "`L`"
  - `long secondsInYear = 31556926L;`
  - Éviter le "`l`" minuscule car ressemble à un 1 dans beaucoup de polices
- Le type par défaut d'une valeur décimale est `double`
  - `double pi = 3.14159265358979323;`
- Un littéral de type `float` utilise le suffixe "`F`"
  - `float goldenRatio = 1.618f;`
  - "`F`" ou "`f`" convient

Caractères et chaînes de caractères

- Les caractères peuvent être des caractères entre guillemets simples ou des nombres entre 0 et 65535
  - `char capA = 'A'; // à préférer`
  - `char capA = 65; // plus dur à maintenir`
  - `'A' + 20 =?`
- Les chaînes de caractères sont entre guillemets doubles
  - `String name = "Toto";`
- Les caractères spéciaux doivent être protégés
  - `String msg = "Il a dit : \"Java, c\'est super !\"";`
  - Caractères spéciaux les plus utiles :
    - ★ `\t` (tabulation), `\r` (retour charriot), `\n` (nouvelle ligne), `\\` (*backslash*), `\'` (guillemet simple), `\"` (guillemet double)

Convention de nommage

- Améliore la lisibilité des programmes
  - Utiliser des noms d'identifiant significatifs !
- Noms doivent commencer par une lettre et peuvent inclure uniquement des lettres et des chiffres
  - _ et $ sont considérés comme des "lettres" en Java
  - Ne pas utiliser $ car il est utilisé par le compilateur pour les noms auto-générés
- Les majuscules sont très importantes dans le style de codage Java
  - Les attributs et les méthodes commencent par une minuscule, puis une majuscule à l'initiale de chaque mot d'un nom composé
    - `exampleOfMethodName`
  - Les classes et les interfaces commencent par une majuscule, puis une majuscule à l'initiale de chaque mot d'un nom composé
    - `ExampleOfClassName`
  - Les noms des *packages* doivent être tout en minuscules
    - `java.lang`

Déclaration et initialisation de variables

- La déclaration des variables est similaire au C/C++ :

```
int i;
boolean error = false;
String name = "Toto";
```

- Les variables locales n'ont pas de valeur initiale par défaut

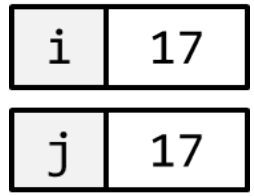
```
int i;
i = i + 1;
```

⇒ Erreur à la compilation : la variable `i` n'a pas été initialisée
(En C/C++, ce code compilerait sans erreur)

Variables de type primitif et référence

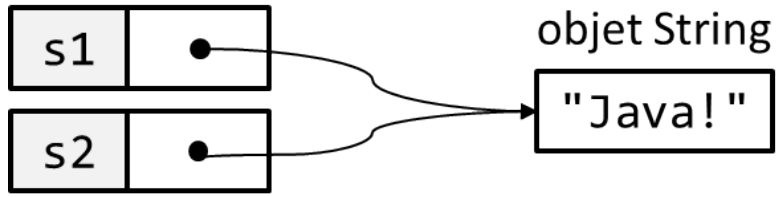
- La différence entre les types primitif et référence est où est réellement stockée la valeur
- Type primitif :

```
int i = 17;
int j = i;
```



  - Chaque variable stocke sa propre valeur (pile)
- Type référence :

```
String s1 = "Java!";
String s2 = s1;
```



  - La valeur est stockée dans la mémoire principale (tas)
  - Chaque variable contient l'adresse en mémoire de l'objet
  - Les deux variables font référence au même objet

Opérateurs arithmétiques et de comparaison

- Même ensemble d'opérateurs qu'en C/C++
- Arithmétique simple : + - * / %
- Affectation composée : += -= *= /= *etc.*
- Incrémentation/décrémentation : ++ -- (pré et post)

```
int i = 5;
int j = ++i; // j = 6, i = 6
int k = i++; // k = 6, i = 7
```

- Comparaison : == != > >= < <=
  - Ces opérateurs produisent des valeurs booléennes

Opérateurs de logique booléenne

- Encore comme en C/C++
  - `&&` (ET logique) `||` (OU logique) `!` (NON logique)
- Ces opérateurs requiert des valeurs booléennes et produisent des valeurs booléennes
- Évaluation paresseuse (*lazy evaluation*)
  - `name != null && name.equals("Toto");`
    - ★ `name.equals("Toto")` uniquement évalué si `name != null`
  - Réciproquement, `name == null || !name.equals("Toto");`
- Ordre de priorité : `!` `&&` `||`

Opérateur de chaîne de caractères (String)

- Concaténation : + (comme l'opérateur d'addition)

```
String name = "Toto";
System.out.println("Hello " + name);
```

- Au moins un opérande doit être une chaîne de caractères pour que l'opérateur + soit l'opérateur de concaténation et non d'addition
  - L'opérateur + est évalué de gauche à droite

```
int i = 5;
int j = 7;
System.out.println("i = " + i); // Affiche "i = 5"
System.out.println(i + j); // Affiche "12"
System.out.println("i + j = " + i + j); // "i + j = 57"
System.out.println(i + j + " = i + j"); // "12 = i + j"
```

Flot de contrôle

- Instructions conditionnelles et itératives quasiment identiques au C/C++

```
if (condition)
  instruction;
else if (condition)
  instruction;
else
  instruction;
```

```
while (condition)
  instruction;

do
  instruction;
while (condition);
```

- Différence : *condition* doit produire une valeur booléenne !
- Les blocs d'instructions sont mis entre accolades, comme en C/C++

```
if (condition) {
  instruction1;
  instruction2;
  ...
}
```

Instruction conditionnel `switch`

```
switch (expression scalaire) {
   case valeur1:
      instructions;
      break;
   case valeur2:
      instructions;
      break;
   ...
   default:
      instructions;
}
```

- *expression scalaire* doit être un entier signé ou non (caractère)
- Ne marche pas avec des chaînes de caractères
- Si `break` est omis, les instructions du `case` suivant sont aussi exécutées
  - Factorisation de traitement

Opérateur conditionnel ternaire

```
condition ? valeur_vrai : valeur_faux
```

- *condition* doit produire une valeur booléenne
- Si *condition* est vrai, le résultat retourné est *valeur_vrai*, sinon c'est *valeur_faux*
  - Exemple : `statut = (age >= 18) ? "majeur" : "mineur"`

Boucle `for` (1)

- Très similaire au C++
  1. Initialiser (et possiblement déclarer) une ou plusieurs variables de boucle
  2. Tester certaines conditions avant chaque itération de la boucle
  3. Appliquer une ou plusieurs mises à jour aux variables de boucle

```
for (init; condition; update) statement;
for (init; condition; update) {
  statement1;
  ...
}
```

- Équivalente à une boucle `while`, mais en plus compacte

```
int i = 1;
while (i <= 10) {
  sum += i;
  i++;
}
```

```
for (i = 1; i <= 10; i++)
  sum += i;
```

Boucle `for` (2)

- Peut spécifier plusieurs valeurs initiales

```
int i, sum;
for (i = 1, sum = 0; i <= 10; i++)
  sum += i;
```

- Peut déclarer les variables de boucle directement dans la boucle `for`

```
int sum = 0;
for (int i = 1; i <= 10; i++)
  sum += i;
```

  - `i` est uniquement visible à l'intérieur de la boucle `for`
  - Autrement dit, la portée de `i` est limitée à la boucle `for`

Boucle `for` (3)

- Peut spécifier plusieurs opérations de mise à jour

```
int sum = 0;
for (int i = 1; i <= 10; sum += i, i++) /* rien */ ;
```

  - La boucle `for` n'a pas besoin d'un corps !

- Encore plus compacte

```
int sum = 0;
for (int i = 1; i <= 10; sum += i++) /* rien */ ;
```

  - Difficile à maintenir, mieux vaut éviter !

Au menu

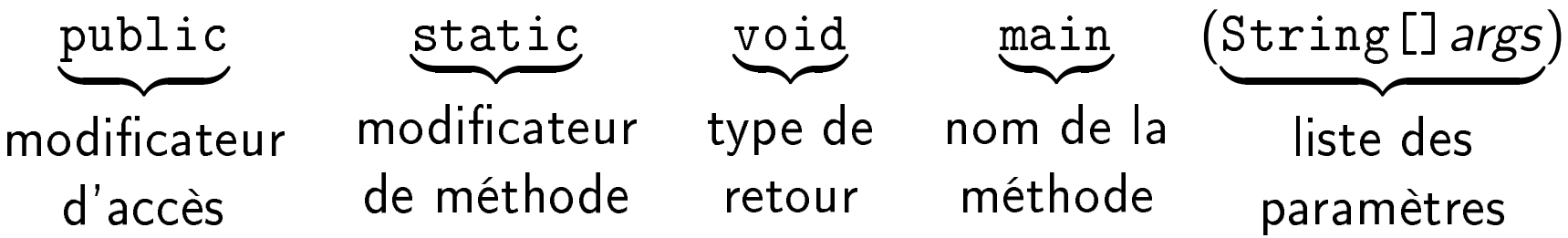
Terminologie : classes et objets

- Java est un langage de programmation objet
  - Les programmes Java sont entièrement composés de classes
- Un objet
  - A un état
    - ★ Ensemble de valeurs de données (attributs) qui caractérisent l'objet
  - A un comportement
    - ★ Ensemble d'opérations (méthodes) qui manipulent ces données d'une manière cohérente
  - A une identité
    - ★ Permet de s'adresser à l'objet
    - ★ Est unique (deux objets différents ont des identités différentes)
    - ★ Peut être nommée pour faire référence à l'objet
    - ★ Plusieurs références possibles pour une seule identité (*i.e.*, un seul objet)
  - Est une instance d'une classe
    - ★ N'a de réalité qu'à l'exécution du programme
- Une classe
  - Est un moule à objets
  - Définit l'état et le comportement des objets de cette classe
  - Définit un nouveau type dans le langage

Terminologie : attributs et méthodes

- Une classe est composée de membres
- Les attributs sont des variables typées associées à la classe
  - Ils stockent l'état de la classe qui peut évoluer dans le temps
- Les méthodes sont des opérations que la classe peut effectuer
  - Elles spécifient le comportement de la classe
  - Elles impliquent généralement, mais pas toujours, les attributs de la classe

Méthodes Java



- Retournent une valeur du type spécifié
- Ou ne retournent pas de valeur, indiqué par le mot clé `void`
- Peuvent prendre un nombre quelconque d'arguments/paramètres
  - "Aucun argument" est indiqué avec des parenthèses vides `()`, et non avec `void`
- La signature d'une méthode inclut son nom et sa liste de paramètres (les types)
- Peuvent être associées à des modificateurs
  - Tout comme les attributs
- Le corps (*i.e.*, le code) d'une méthode est son implémentation

Modificateurs d'accès

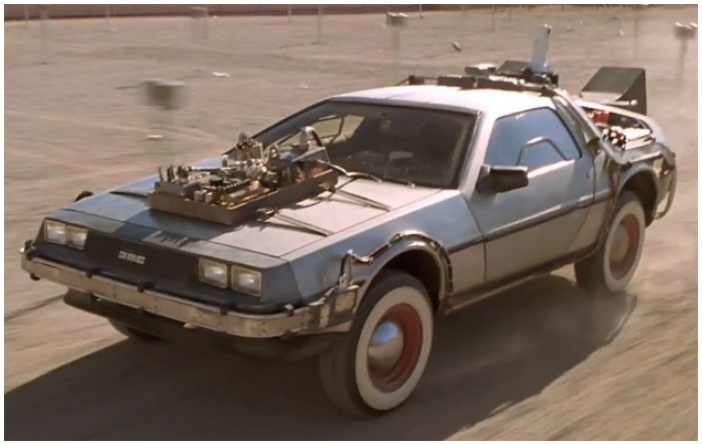
- Peuvent être utilisés sur des classes, des méthodes et des attributs
- Quatre modificateurs d'accès en Java :
  - `public` : n'importe qui peut y accéder
  - `protected` : les classes du même *package* et les sous-classes (dérivées) peuvent y accéder (cf. héritage)
  - Niveau d'accès par défaut si aucun modificateur n'est spécifié : seules les classes du même *package* peuvent y accéder
    - ★ Appelé accès *package-private* (cf. *package*)
  - `private` : seule la classe peut y accéder
- Protégez les détails d'implémentation en utilisant des modificateurs d'accès dans votre code !
  - Masquage d'information

Abstraction et encapsulation

Concepts clé de la programmation objet

- Abstraction
  - Présenter une interface propre et simplifiée
  - Cacher les détails inutiles aux utilisateurs de la classe (*e.g.*, les détails d'implémentation)
    - ★ En général, ils ne se soucient pas de ces détails
    - ★ Mieux vaut qu'ils se concentrent sur le problème qu'ils sont en train de résoudre
- Encapsulation
  - Permettre à un objet de protéger son état interne des accès externes et des modifications
  - L'objet contrôle lui-même tous les changements d'état interne
    - ★ En déclarant l'état `private`, il ne pourra être modifié que *via* les méthodes `public`
    - ★ Les méthodes garantissent les changements d'état valides (contrôle de la cohérence)

4 images, 1 mot



Quelles caractéristiques ? Quels comportements ?

Exemple : Car.java

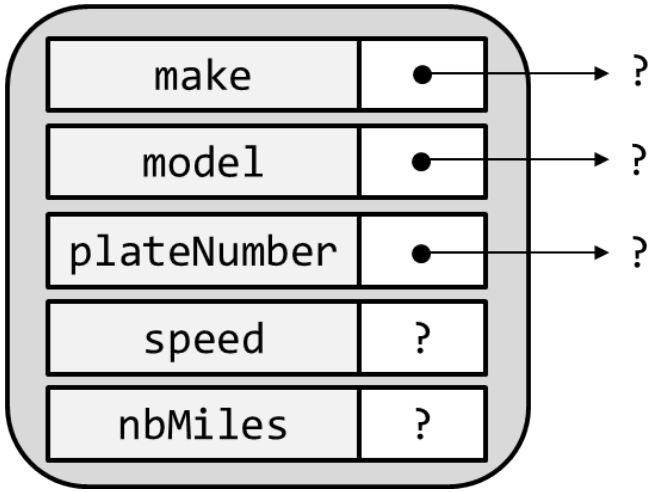
```
public class Car {
   private String make;
   private String model;
   private String numberPlate;
   private short speed;
   private int nbMiles;
   ...

   public void start() {...}
   public void stop() {...}
   public void move(short s) {...}
   public boolean isMoving() {...}
   ...
}
```

- Variables d'instance
  - Déclarées en début de classe
  - En dehors de toute méthode
  - Non publiques
- Méthodes d'instance

Exemple : Car.java

```
public class Car {
   private String make;
   private String model;
   private String numberPlate;
   private short speed;
   private int nbMiles;
   ...

   public void start() {...}
   public void stop() {...}
   public void move(short s) {...}
   public boolean isMoving() {...}
   ...
}
```

- Variables d'instance
  - Déclarées en début de classe
  - En dehors de toute méthode
  - Non publiques
- Méthodes d'instance



Méthodes spéciales : les constructeurs

- Créent de nouvelles instances d'une classe
  - Initialisent toutes les variables d'instance de manière cohérente
- Portent le nom de la classe
- Peuvent prendre des arguments, mais ce n'est pas obligatoire
- N'ont pas de type de retour (pas même `void`)
- Toutes les classes ont au moins un constructeur
  - Par défaut (si aucun constructeur n'est défini), la classe a un constructeur sans paramètre qui ne fait rien
- Pas de destructeur en Java !
  - Ramasse-miettes (*garbage collector*)

Exemple : Car.java

```
public class Car {
  private String make;
  private String model;
  private String numberPlate;
  private short speed;
  private int nbMiles;
  public Car(String mk, String mdl, String np) {
    make = mk;
    model = mdl;
    numberPlate = np;
    speed = 0;
    nbMiles = 0;
  }
  public Car(String mk, String mdl) {
    this(mk, mdl, ""); // Chainage de constructeurs
  }
  ...
}
```

Méthodes spéciales : les accesseurs en lecture et en écriture

- Accesseurs en lecture (*acccessors*/*getters*)
  - Permettent de récupérer les données internes (*i.e.*, l'état de l'objet)
  - Permettent de contrôler comment les données sont exposées
- Accesseur en écriture (*mutators*/*setters*)
  - Permettent de modifier les données internes (*i.e.*, l'état de l'objet)
  - Permettent de contrôler comment et quand des modifications peuvent être effectuées
- Les classes n'ont pas toutes des accesseurs en lecture et en écriture

Exemple : Car.java

```
public class Car {
   private String make;
   private String model;
   private String numberPlate;
   private short speed;
   private int nbMiles;
   ...
   // Accesseurs en lecture
   public String getMake() { return make; }
   public String getModel() { return model; }
   ...
   // Accesseurs en ecriture
   public void setNumberPlate(String np) {numberPlate = np;}
   public void setSpeed(short s) {
      speed = (s >= 0) ? s : 0;
   }
   ...
}
```

Convention de nommage des accesseurs

- Les accesseurs en écriture commencent généralement par `set`
  - `void setNumberPlate(String)`
  - `void setSpeed(short)`
- Les accesseurs en lecture commencent généralement par `get`
  - `String getMake()`
  - `String getModel()`
- Les accesseurs en lecture qui retournent un booléen commencent souvent par `is`
  - `boolean isStarted()`
  - `boolean isMoving()`
- Des exceptions sont autorisées lorsque `is` n'a pas de sens
  - `boolean contains(Occupant)`
  - `boolean intersects(Object)`

S'affranchir de la représentation mémoire

- Variables d'instance `private`
- Les constructeurs accèdent directement aux variables d'instance
- Les accesseurs accèdent directement aux variables d'instance
- Les autres méthodes (appelées services) utilisent les accesseurs pour accéder (indirectement) à l'état de l'objet
  - Elles demeurent correctes lors d'un changement de représentation mémoire

```
public class Car {
   ...
   public void move(short s) {
      setSpeed(s);
      ...
   }
   public boolean isMoving() { return getSpeed() > 0; }
   ...
}
```

Utiliser un objet

- Créer un nouvel objet en utilisant l'opérateur `new`

```
Car c0 = new Car(); // erreur
Car c1 = new Car("DeLorean", "DMC-12", "OUTATIME");
Car c2 = new Car("Volkswagen", "Coccinelle");
```

- Faire appel aux méthodes de l'objet

```
c1.move(88);
System.out.println("c1 est une " + c1.getMake() + " "
  + c1.getModel() + " et roule a " + c1.getSpeed()
  + " miles a l'heure");
```

Objets et références

- Qu'est-ce que `c1` et `c2` ?
  - Ce sont des références à des objets `Car`
  - Ce ne sont pas les objets eux-mêmes
- Jongle de références :

```
Car c3 = c1; // Il n'y a toujours que deux objets
c1 = null; // Les deux objets sont encore accessibles
c2 = null; // Un des objets n'est plus accessible
```

- La JVM suit les objets qui ne sont plus accessibles
  - Si un objet n'est désigné par aucune référence, le ramasse-miettes libère l'espace qu'il occupe

Constructeurs par recopie

- Copie superficielle
  - L'objet initialisé partage potentiellement des données avec un autre

```
private Engine engine;
public Car(Car c) {
  ...
  engine = c.engine;
}
```

- Copie profonde
  - L'objet initialisé a sa propre copie de l'information, indépendante de tout autre objet

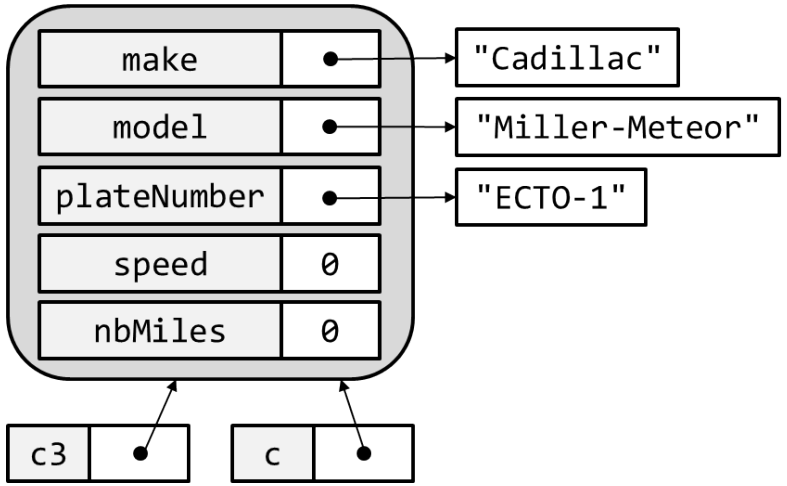
```
private Engine engine;
public Car(Car c) {
  ...
  engine = new Engine(c.engine.getXXX(), ...);
}
```

Arguments objet d'une méthode

- Que se passe-t-il lorsque un objet est passé en paramètre d'une méthode ?
  - Exemple : `public static void foo(Car c)`
- Pour rappel, `c` est une référence à l'objet
- La référence est copiée dans `c`, mais pas l'objet `Car` auquel il réfère
  - Passage par copie de la référence
  - Les variables de type primitif sont quant à elles passées par valeur
- Des effets de bord et des erreurs peuvent alors facilement arriver !

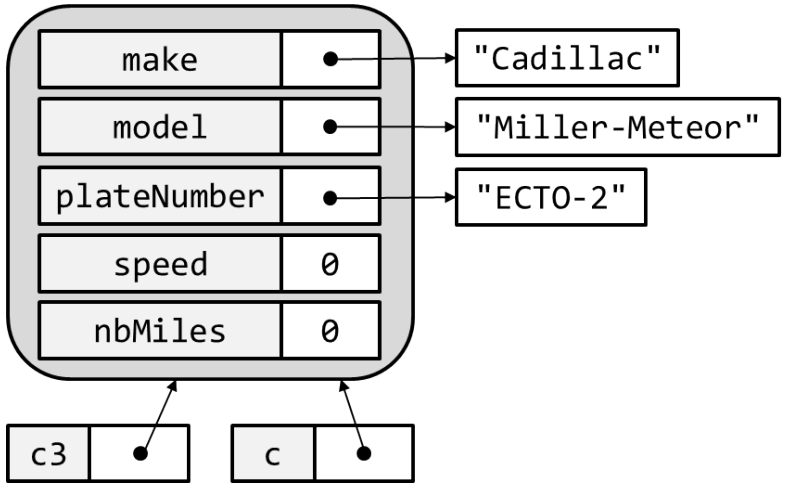
Passer des objets (1)

```
public static void foo(Car c) {
  System.out.println("Plaque : "
    + c.getNumberPlate());
  c.setNumberPlate("ECTO-2"); //??



}

public static void main(String[] a) {
  Car c3 = new Car("Cadillac",
    "Miller-Meteor", "ECTO-1");
  foo(c3);
}
```



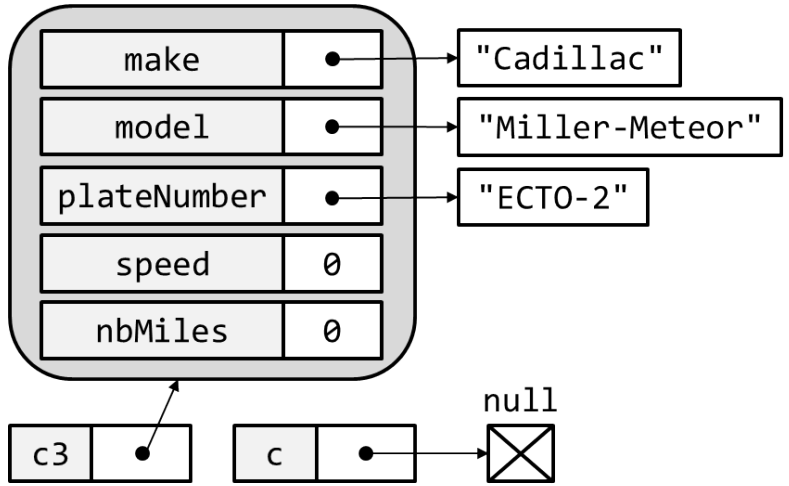
Passer des objets (2)

```
public static void foo(Car c) {
  System.out.println("Plaque : "
    + c.getNumberPlate());
  c.setNumberPlate("ECTO-2");
  c = null; //??


}

public static void main(String[] a) {
  Car c3 = new Car("Cadillac",
    "Miller-Meteor", "ECTO-1");
  foo(c3);
}
```



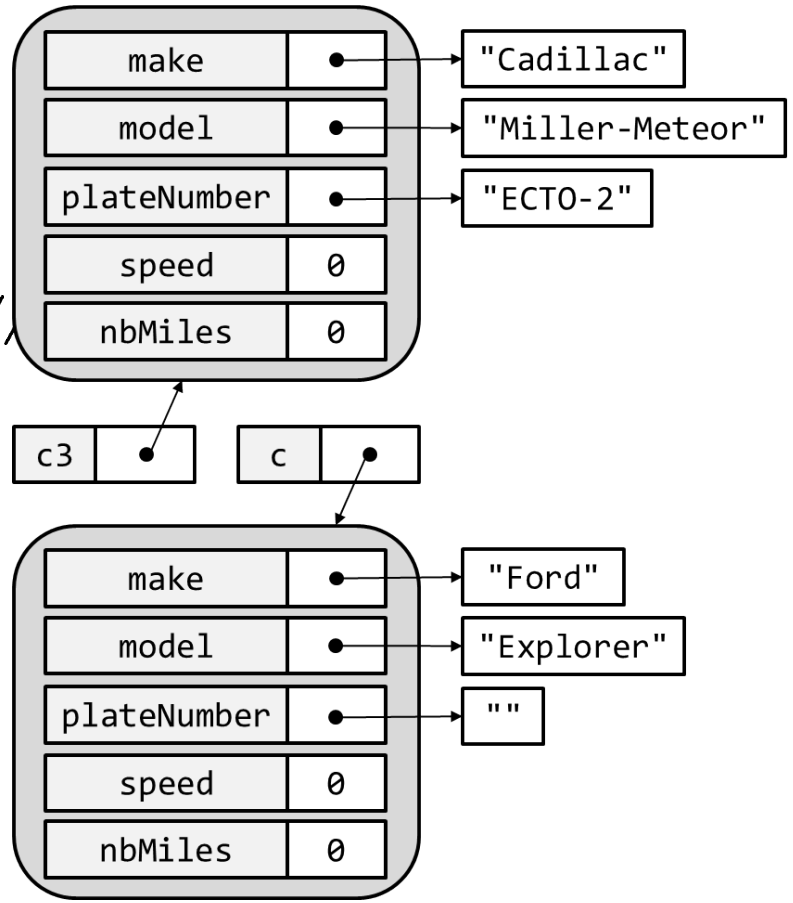
Passer des objets (3)

```
public static void foo(Car c) {
  System.out.println("Plaque : "
    + c.getNumberPlate());
  c.setNumberPlate("ECTO-2");
  c = null;
  c = new Car("Ford","Explorer"); //??

}

public static void main(String[] a) {
  Car c3 = new Car("Cadillac",
    "Miller-Meteor", "ECTO-1");
  foo(c3);
}
```



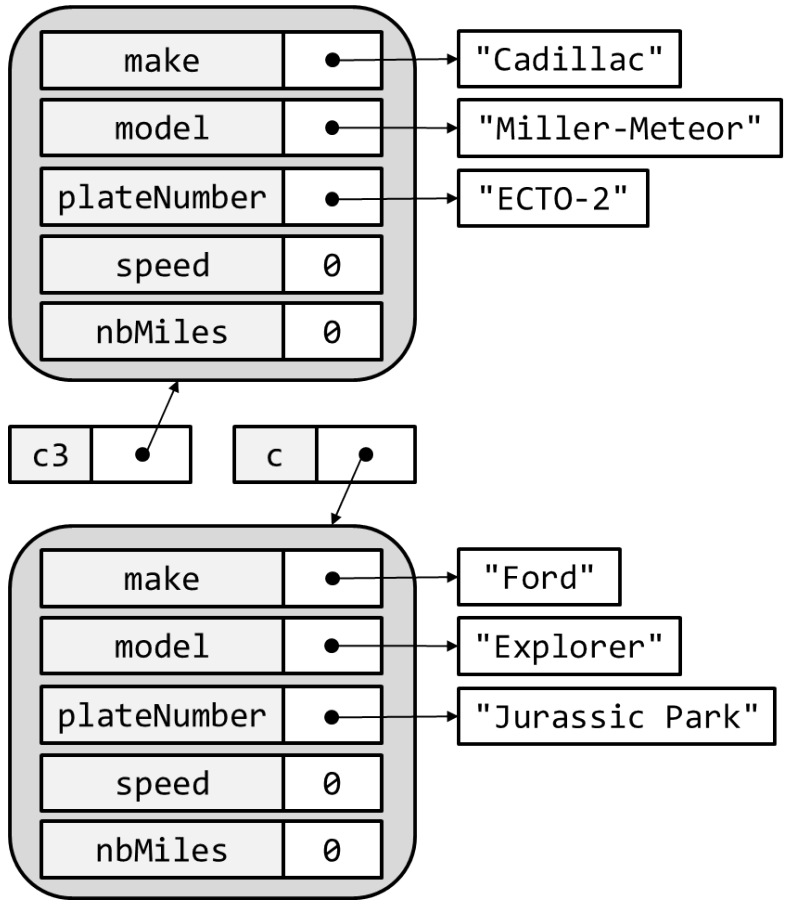
Passer des objets (4)

```
public static void foo(Car c) {
  System.out.println("Plaque : "
    + c.getNumberPlate());
  c.setNumberPlate("ECTO-2");
  c = null;
  c = new Car("Ford","Explorer");
  c.setNumberPlate("Jurassic Park"); //
}

public static void main(String[] a) {
  Car c3 = new Car("Cadillac",
    "Miller-Meteor", "ECTO-1");
  foo(c3);
}
```



Passer des objets (5)

```
public static void foo(Car c) {
  System.out.println("Plaque : "
    + c.getNumberPlate());
  c.setNumberPlate("ECTO-2");
  c = null;
  c = new Car("Ford","Explorer");
  c.setNumberPlate("Jurassic Park");
}

public static void main(String[] a) {
  Car c3 = new Car("Cadillac",
    "Miller-Meteor", "ECTO-1");
  foo(c3);
}
```



Moralité

- Il faut être très prudent avec les références d'objet
  - Si une méthode modifie accidentellement un objet, cela peut être très difficile à retrouver
- Une solution : rendre les objets immuables
  - Java n'a pas d'équivalent au mot clé `const` de C++
  - Un objet est immuable s'il ne fournit pas d'accesseur en écriture
    - ★ Définir l'état de l'objet à sa construction
    - ★ Ne fournir aucun moyen de modifier l'état

Mot clé `this` (1)

- Les méthodes d'instance ont un paramètre implicite `this` qui est une référence à l'objet sur lequel elles sont appelées (*i.e.*, l'objet receveur)
- À ne pas confondre avec `this(...)` qui permet l'appel d'un autre constructeur de la même classe (chaînage de constructeurs)
- Est implicitement utilisé lorsque les attributs ou les méthodes d'instance sont accédés à l'intérieur d'une autre méthode

```
public short getSpeed() {
  return speed; // Identique a "return this.speed;"
}
public void move(short s) {
  setSpeed(s);  // Identique a "this.setSpeed(s)"
  ...
}
```

Mot clé `this` (2)

- Permet de résoudre des ambiguïtés
  - Par exemple, si le nom d'un paramètre est le même que celui d'un attribut
    - ★ Ce qui est généralement le cas dans les constructeurs ou encore les accesseurs en écriture
  - En général, il faut éviter les ambiguïtés inutiles qui peuvent mener à des erreurs très subtiles...

```
void setNumberPlate(String numberPlate) {
  // numberPlate est le parametre
  // this.numberPlate est l'attribut de l'objet
  this.numberPlate = numberPlate;
}
```

Méthodes statiques

- Aussi appelées méthodes de classe
- Sont appelées sur la classe
  - Par exemple, la classe `Math` de Java a uniquement des méthodes statiques

```
public static double atan2(double y, double x);
double tangent = Math.atan2(yComp, xComp);
```

- Ne nécessitent pas une instance particulière pour être appelées
  - Ne peuvent donc pas utiliser la référence `this`

Attributs statiques

- Aussi appelées variables de classe
- Servent à représenter des données générales qui ne sont pas liées à une instance particulière
  - Un seul exemplaire est stocké au niveau de la classe
  - Pas de duplication pour chaque instance
- Sont accédés en préfixant avec le nom de la classe
  - `System.out`

Console Java : entrée/sortie

- `System.out` est le flot de sortie standard
  - `System.out.println(...)` va à la ligne
  - `System.out.print(...)` reste sur la même ligne
- `System.err` est le flot d'erreur standard
  - À utiliser pour signaler des erreurs
- `System.in` est le flot d'entrée standard

```
try {
  BufferedReader buffer = new BufferedReader(
    new InputStreamReader(System.in));
  String str = buffer.readLine();
} catch(IOException e) {}
```

System.out.println()

- Accepte différents types de paramètre :
  - `System.out.println(String x)`
  - `System.out.println(boolean x)`
  - `System.out.println(char x)`
  - `System.out.println(float x)`
  - `System.out.println(int x)`
  - `System.out.println(Object x)`
    - ★ Fait appel à la méthode `toString` de la classe `Object`
  - `System.out.println()`
  - Et quelques-unes de plus...
- Ce sont des méthodes surchargées
  - Même nom, mais signature différente

Méthode `toString`

- Est automatiquement appelée lorsqu'un objet doit être converti en chaîne de caractères (`String`)
  - Par exemple, dans une concaténation de chaîne de caractères :
    - ★ `String msg = "La voiture est une " + c;` est automatiquement traduit par le compilateur comme `String msg = "La voiture est une " + c.toString();`
- Par défaut, toutes les classes ont une méthode `toString` qui retourne une chaîne de caractères correspondant à l'adresse de l'objet
  - Héritée de la classe `Object` (cf. héritage)
  - Si elle n'est pas redéfinie, `c.toString` retournera `"Car@e22a17"`
- Prendre l'habitude de la redéfinir

```
@Override
public String toString() {
  return getMake() + "␣" + getModel()
    + "␣immatriculee␣" + getNumberPlate();
}
```

Égalité

- Pour les types primitifs, == compare leur valeur
- Pour les types référence, == compare les références elles-mêmes (*i.e.*, si elles désignent le même objet) !

```
Car c1 = new Car("Chevrolet", "Camaro");
Car c2 = new Car("Chevrolet", "Camaro");
Car c3 = c1;
```

  - Les voitures `c1` et `c3` sont les mêmes objets
    - `c1 == c3` est vrai
    - `c1 == c2` est faux, même si les valeurs sont les mêmes
- Utiliser la méthode `equals` pour tester l'égalité de deux objets d'un point de vue sémantique

Méthode equals

```
@Override
public boolean equals(Object obj) {
  return ...;
}
```

- Retourne vrai si `obj` est "égal à" l'objet `this`
  - Dépend de ce que la classe représente
  - Si `obj` est `null`, la réponse est toujours faux
- Noter que `obj` est une référence à un objet générique `Object`
  - Il pourrait être de n'importe quel type référence !
  - L'opérateur `instanceof` permet de vérifier cela
- Par défaut, toutes les classes ont une méthode `equals` dont le comportement est équivalent à celui de ==
  - Héritée de la classe `Object` (cf. héritage)
- Prendre l'habitude de la redéfinir en fournissant une implémentation raisonnable

Est-ce que la méthode `equals` a du sens ?

- Réflexive
  - `a.equals(a)` doit retourner vrai
- Symétrique
  - `a.equals(b)` doit être identique à `b.equals(a)`
  - Ceci peut être compliqué parfois...
- Transitive
  - Si `a.equals(b)` est vrai et `b.equals(c)` est vrai alors `a.equals(c)` doit aussi être vrai
- Nullité
  - `a.equals(null)` doit être faux

Opérateur `instanceof`

- Permet de tester le type d'un objet (*i.e.*, sa classe)
- Retourne faux si la référence est `null`
  - Il n'est donc pas nécessaire de vérifier si le paramètre `obj` de la méthode `equals` est `null`

Égalité entre deux voitures

```
@Override
public boolean equals(Object obj) {
  // obj est de type Car ?
  // Si non, obj.getMake() est interdit
  if (obj instanceof Car) {
    // Cast vers le type Car, puis compare
    Car c = (Car) obj;
    if (getMake().equals(c.getMake())
      && getModel().equals(c.getModel())) {
      return true;
    }
  }
  return false;
}
```

Tableaux

- En Java, les tableaux sont aussi des objets
  - Bien qu'ils aient une syntaxe différente

```
// Alloue un tableau pour 10 entiers
int[] tab = new int[10];
for (int i = 0; i < tab.length; i++) {
  tab[i] = 100 * i; // Stocke des entiers dedans
}
```

- Les tableaux sont tous alloués dynamiquement
- Les tableaux ont un attribut `length`, désignant leur taille
  - `length` est (bien entendu) en lecture seule
- Les éléments d'un tableau sont accessibles en utilisant des crochets [*index*] (comme en C/C++)
  - *index* doit être compris entre 0 et `length`-1, sinon provoque une erreur

Déclarer un tableau

- Les variables tableau sont déclarées avec des crochets après leur type, non après leur nom
  - `String[] names;` vs `String names[];`
  - La dernière forme est tout de même acceptée, mais est déconseillée
- Elles peuvent être déclarées sans être initialisées
  - boolean[] flags ; // Tableau de booleens
- Elles doivent être initialisées avant utilisation

Initialiser un tableau

- Allouer un nouveau tableau avec `new` *type*`[`*size*`]` où *size* est la taille du tableau (*i.e.*, son nombre d'éléments) et *type* est le type des éléments du tableau
  - *size* peut être égal à zéro : tableau vide
- Assigner un tableau existant
  - Les tableaux sont essentiellement des objets avec de la syntaxe supplémentaire
- Définir à `null`
- Assigner des valeurs spécifiques

```
String[] colors = {"vert", "bleu", "jaune", "violet"};
// colors.length == 4
```

  - Sucre syntaxique pour les opérations d'initialisation
  - De tels tableaux peuvent toujours être réassignés et réinitialisés
    - ★ `colors` est une référence à un tableau d'objets de type `String`

Tableaux d'objets

- Contiennent initialement des valeurs `null`
  - L'initialisation d'un tableau n'initialise pas les références-objet
  - Doit être fait dans une étape à part
- Exemple :

```
// Alloue un tableau de 15 references-voiture
Car[] cars = new Car[15];

// Cree un nouvel objet Car pour chaque element
for (int i = 0; i < cars.length; i++)
  cars[i] = new Car(...);
```

Tableaux de tableaux (1)

- Les tableaux peuvent contenir d'autres tableaux

```
int[][] matrix; // Array of arrays of ints.
matrix = new int[20][];
for (int i = 0; i < matrix.length; i++)
   matrix[i] = new int[50];
```

  - D'abord, le tableau de tableaux est alloué
    - ★ Chaque élément de `matrix` est de type `int[]`
  - Ensuite, chaque sous-tableau est alloué
- Pour les tableaux à deux dimensions, Java fournit un raccourci

```
int[][] matrix = new int[20][50]; // Meme chose !
```

Tableaux de tableaux (2)

- Les sous-tableaux peuvent être de tailles différentes

```
int[][] reducedMatrix;
reducedMatrix = new int[20][];
for (int i = 1; i <= reducedMatrix.length; i++)
  reducedMatrix[i - 1] = new int[i];
```

  - Impossible de faire la même chose avec la syntaxe raccourci
- Ils peuvent aussi être spécifiés avec des valeurs initiales nichées

```
int[][] reducedMatrix = {{1, 2, 3}, {4, 5}, null, {6}};
```

Copier un tableau

- Utiliser `System.arraycopy()` pour copier un tableau dans un autre efficacement
- Utiliser la méthode `clone` pour dupliquer un tableau

```
int[] nums = new int[33];
...
int[] numsCopy = (int[]) nums.clone();
```

  - Le type de retour de la méthode est `Object`
    - ★ Le résultat doit être casté dans le bon type
  - La copie est superficielle, seul le tableau de plus haut niveau est copié !
    - ★ Si c'est un tableau d'objets, les objets ne sont pas clonés
    - ★ Si c'est un tableau de tableaux, les sous-tableaux ne sont pas non plus clonés

Types énumérés

- Un type énuméré est une classe qui représente un ensemble prédéfini et fixe de constantes
  - Ces constantes sont en fait des instances de la classe
- Il est défini en utilisant le mot clé `enum`

```
public enum Fuel {
  GASOLINE, DIESEL, LPG; // constantes en majuscules
}
```

- Les valeurs du type sont ces constantes (*i.e.*, des objets de la classe créée)

```
Fuel f = Fuel.DIESEL;
```

  - `Fuel` est une classe qui a (et n'aura) que 3 instances
  - `Fuel.DIESEL` désigne l'une des instances de `Fuel`

Méthodes d'un type énuméré E

- Le compilateur ajoute automatiquement certaines méthodes au type énuméré créé
- Méthodes d'instance
  - `String name()` retourne la chaîne de caractères correspondant au nom de l'objet receveur (sans le nom du type)
    - ★ `f.name()` retourne la chaîne de caractères `"DIESEL"`
  - `int ordinal()` retourne l'indice de l'objet receveur dans l'ordre de déclaration du type énuméré (à partir de 0)
    - ★ `f.ordinal()` retourne 1
- Méthodes de classe
  - `static E valueOf(String s)` retourne, si elle existe, l'instance dont la référence (sans le nom du type) correspond à la chaîne `s`
    - ★ `Fuel.valueOf("LPG")` retourne une référence à l'objet `Fuel.LPG`
  - `static E[] values()` retourne le tableau des valeurs du type dans leur ordre de déclaration
    - ★ `Fuel.values()` retourne le tableau `{ Fuel.GASOLINE, Fuel.DIESEL, Fuel.LPG }`

Égalités des types énumérés

- Pour un objet e d'un type énuméré `E` :
  - `E.valueOf(e.name()) == e`
  - `E.values()[e.ordinal()] == e`
- Utiliser == pour tester l'égalité de valeurs entre deux références d'un même type énuméré
  - Pourquoi ?

Classe générée par le compilateur

```
public class Fuel {
  private String name;
  private int index;
  private Fuel(String theName, int idx) {
    this.name = theName;
    this.index = idx;
  }
  public static final Fuel GASOLINE = new Fuel("GASOLINE", 0);
  public static final Fuel DIESEL = new Fuel("DIESEL", 1);
  public static final Fuel LPG = new Fuel("LPG", 2);
  public String name() { return this.name; }
  public int ordinal () { return this.index; }
  public static Fuel[] values() {
    return { Fuel.GASOLINE, Fuel.DIESEL, Fuel.LPG };
  }
  public static Fuel valueOf(String s) { // grosso modo
   if (s.equals("GASOLINE") { return Fuel.GASOLINE; }
   else if ... // idem pour DIESEL et LPG
  }
}
```

Type énuméré et `switch`

```
Fuel fuel = ...;
switch (fuel) {
   case GASOLINE:
      ...
   case DIESEL:
      ...
   case LPG:
      ...
   default:
      ...
}
```

Exemple : Fuel.java

- Beaucoup plus puissant que les types énumérés d'autres langages
  - Possibilité d'inclure des constructeurs, méthodes et autres attributs

```
public enum Fuel {
  GASOLINE (43.8), DIESEL (42.5), LPG (46.1);
  private final double heatingValue; // en MJ/kg
  private Fuel(double heatingValue) {
    this.heatingValue = heatingValue;
  }
  public double getHeatingValue() {
    return this.heatingValue;
  }
}
...
for(Fuel f : Fuel.values())
  System.out.println(f.name() + ": " +
    f.getHeatingValue());
```

Packages (paquetages en français)

- Sont une collection de types liés
- Permettent de regrouper des classes
  - C'est optionnel, mais généralement très utile !
- Forment une hiérarchie
  - `package1.package2.package3`
- Fournissent une gestion de l'espace de noms (*namespace*)
  - Deux classes du même *package* ne peuvent pas avoir le même nom
  - Autrement dit, des classes peuvent avoir le même nom si elles sont dans des *packages* différents
- Par défaut, une classe est dans le "*default package*"
  - *Default package* n'a pas de nom !
  - Prendre l'habitude de créer un nouveau *package*
- Utiliser le mot clé `package`pour spécifier un *package* différent
  - `package car;`
  - Doit être la première instruction dans le fichier `.java`
  - Détermine où les fichiers `.java` et `.class` doivent être placés

Utiliser une classe d'un *package*

- Trois possibilités :
  - Faire référence à la classe avec le nom qualifié (évite les conflits de noms)

```
java.util.Date d1 = new java.util.Date();
java.sql.Date d2 = new java.sql.Date(...);
```

  - Importer la classe elle-même

```
import java.util.Date;
...
Date date = new Date();
```

  - Importer le *package* entier

```
import java.util.*;
...
Date date = new Date();
```

import static

- Permet d'alléger le code pour l'utilisation des variables et des méthodes statiques d'une classe

```
import static java.lang.Math.*;
...
x = max(sqrt(abs(y)), sin(y)); // au lieu de Math.max..
```

- À utiliser avec précaution car il peut être plus difficile de savoir d'où vient une variable ou une méthode de classe

Packages et API Java

- Toutes les classes de l'API Java sont dans des *packages*
- Les classes dans `java.lang` sont automatiquement importées
  - Pas besoin d'importer explicitement le contenu de `java.lang`
- Pour importer des classes Java qui ne sont pas dans le *package* `java.lang` :

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.HashSet;
...
```

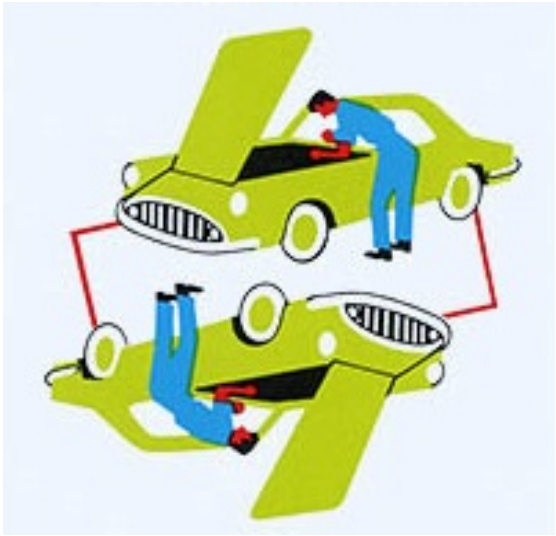
OU

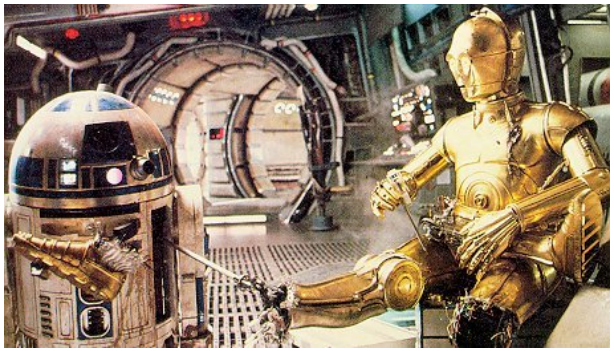
```
import java.util.*;
```

- L'importation d'un *package* n'est pas récursive !
  - Importer `java.*` ne mènera nulle part

Au menu

4 images, 1 mot





Réparation

- Voitures, montres, droïdes et Groot sont des "objets" différents, ayant des comportements différents
  - Faire le plein d'une voiture, remonter une montre, *etc.*
- Mais ils sont tous réparables (même si les processus sont différents)
- D'un point de vue programmation objet, `Car`, `Watch`, `Droid` et `Alien` sont des classes d'objets différentes, proposant des fonctionnalités (méthodes) différentes
  - `fillUp()` pour `Car`, `wind()` pour `Watch`, *etc.*
- Mais elles proposent toutes `repair()`
  - Avec un traitement propre à chacune

Problème

```
T[] repairs = new T[2]; // objets reparables
repairs[0] = new Car(...);
repairs[1] = new Watch(...);
for (int i = 0; i < repairs.length; i++) {
  repairs[i].repair();
}
```

- Quel est le type `T` des éléments du tableau `repairs` ?
  - `T` accepte la méthode `repair()`
  - Le tableau doit pouvoir contenir à la fois des voitures, des montres, *etc.*

Très mauvaise solution

```
Object[] repairs = new Object[2]; // objets reparables
repairs[0] = new Car(...);
repairs[1] = new Watch(...);
for (int i = 0; i < repairs.length; i++) {
  if (repairs[i] instanceof Car) {
    ((Car) repairs[i]).repair();
  } else if (repairs[i] instanceof Watch) {
      ((Watch) repairs[i]).repair();
  } else if ...
}
```

Solution

- Conserver les différentes classes : `Car`, `Watch`, *etc.*
  - Le processus de réparation est propre à chaque classe
  - L'implémentation de `repair()` est donc différente dans chaque classe
- Créer un type commun
  - Il faut pouvoir traiter les objets sans les différencier par leur classe
  - Il faut pouvoir considérer leurs instances comme des objets du type "est réparable", c'est-à-dire "accepte la méthode `repair()`"
    - ★ Ne considérer qu'une "facette" de l'objet indépendamment des autres
    - ★ Réaliser une "projection" de l'objet sur ce type
    - ★ "multi-typage" des objets = polymorphisme des objets

Interfaces

- Une interface déclare un ensemble de signatures de méthodes publiques (comportements), sans corps
  - Elle déclare uniquement des comportements, mais ne les définit pas
  - Elle ne contient ni implémentation de méthode, ni variable d'instance
- Une classe implémente (ou réalise) une interface afin de signifier qu'elle fournit cet ensemble de comportements (contrat à respecter)
  - Elle doit définir un comportement pour chacune des méthodes déclarées dans l'interface
  - Les instances de la classe pourront être vues et manipulées comme étant du type de l'interface
- Les interfaces sont donc des types de données abstraits, vus uniquement au travers de ses méthodes
  - Pas de constructeur
  - Versus les classes = types concrets

Déclarer des interfaces

- Les interfaces sont déclarées comme des classes, mais en utilisant le mot clé `interface`

```
public interface Reparable {
  void repair();
  ...
}
```

- Fichier `Reparable.java`
- Pas de modificateur d'accès de méthode
  - L'accès est publique !

Implémenter des interfaces

- Les classes peuvent implémenter des interfaces en utilisant le mot clé `implements`
- Lorsqu'une classe implémente une interface, elle doit déclarer les méthodes comme `public`

```
public class Car implements Reparable {
    ...
    @Override
    public void repair() {
        ...
    }
}
```

- N'importe qui peut appeler l'implémentation de la classe de l'interface, puisque qu'elle est publique

Interfaces et classes

- Une classe peut implémenter plusieurs interfaces

```
public class Car implements Reparable, Vehicle { ... }
```

  - C'est une version plus simple et plus propre de l'héritage multiple
  - En Java, il n'y a pas d'héritage multiple de classes
  - Quels sont les types possibles pour une instance de `Car` ?
- Les interfaces ne peuvent pas être instanciées (pas de constructeur)
  - Elles doivent être implémentées par une classe, et ensuite la classe est instanciée
- Les variables peuvent être d'un type interface, tout comme elles peuvent être d'un type classe

```
Reparable[] repairs = new Reparable[2];
repairs[0] = new Car(...); // projection des instances
repairs[1] = new Watch(...); // sur le type Reparable
for (int i = 0; i < repairs.length; i++)
  repairs[i].repair(); // meme signature de methode
                       // mais traitements differents
```

Utiliser des interfaces (1)

- Les interfaces peuvent exprimer des propriétés (en termes de services fournis) que les types ont
  - L'interface `Reparable` exprime la propriété qu'un objet "est réparable"
- Souvent, il y a des situations où :
  - Il y a un unique et bien défini ensemble de comportements
  - Mais avec beaucoup d'implémentations différentes possibles
- Les interfaces permettent de découpler les composants du programme
  - En particulier, lorsqu'un composant peut être implémenté de multiples façons
  - Les autres composants interagissent avec le type interface général, et pas avec des implémentations spécifiques

Utiliser des interfaces (2)

- Exemple :

```
public interface Vehicle {
  void move(short speed);
  void turn(Direction direction);
  boolean isMoving();
  ...
}
```

- Fournir de multiples implémentations

```
public class Car implements Vehicle { ... }
public class Train implements Vehicle { ... }
```

- Écrire du code pour une interface, pas pour des implémentations

```
public static void simulation(Vehicle v) {
  v.move(88);
  v.turn(Direction.LEFT);
  ...
}
```

Utiliser des interfaces (3)

- Pouvoir changer les détails d'implémentation si nécessaire
  - Aussi longtemps que la définition de l'interface reste la même
- Si l'implémentation de l'interface est importante et complexe :
  - Un autre code peut utiliser une implémentation temporaire de l'interface, jusqu'à ce que la version complète soit terminée

```
public class FakeVehicule implements Vehicle {
  public void move(short speed) {
    // Ne fait rien
  }
  public boolean isMoving() {
    return false;
  }
  ...
}
```

  - Le développement de composants dépendants peut être fait en parallèle

Polymorphisme

Concept clé de la programmation objet

- Les interfaces et l'héritage permettent d'écrire du code polymorphe, pouvant être utilisé avec différents types
- C'est ce qui différencie la programmation objet de la programmation impérative et modulaire

```
Reparable r;
if ((int)(Math.random()*2)%2 == 0) {
   r = new Car(...);
} else {
   r = new Watch(...);
}
r.repair();
```

  - Quel code sera exécuté lors de l'appel `r.repair()` ?
    - Impossible de savoir à la compilation quel objet désignera `r`
    - La méthode `repair()` appelée est *a priori* non connue
  - Ce code compile et le résultat dépend de `(int)(Math.random()*2)%2`
  - Comment la bonne méthode `repair()` est-elle appelée ?

Type statique et type dynamique

- Le type statique d'une référence correspond à celui de sa déclaration
  - Il définit les appels de méthodes autorisés
  - Il est connu dès la compilation
- Le type dynamique d'une référence correspond au type de l'objet référencé (lequel peut évoluer au cours de l'exécution)
  - Il définit le traitement exécuté
  - Il n'est connu qu'à l'exécution

```
Reparable r;
if ((int)(Math.random()*2)%2 == 0) {
   r = new Car(...);
   // r.move(88) // erreur
} else {
   r = new Watch(...);
}
r.repair();
```

Liaison tardive

- Liaison anticipée (*early binding*)
  - Le compilateur génère un appel à une fonction en particulier et le code à exécuter est précisément déterminé lors de l'édition de liens à la compilation
- Liaison tardive (*late binding*)
  - Le code à exécuter lors de l'appel d'une méthode sur un objet n'est déterminé qu'à l'exécution
- Résolution du choix de la méthode à appeler
  1. Le compilateur détermine la signature de méthode à rechercher en se fondant sur les types statiques des références
     - ★ Il vérifie seulement la validité de l'appel
  2. Mais ce n'est qu'à l'exécution que le code à exécuter est recherché dans la classe du type dynamique de l'objet receveur

Transtypage (*Cast*)

- Une référence n'a qu'un seul type, un objet peut en avoir plusieurs
  - Objets polymorphes
    - ★ Les objets sont des instances d'une classe, donc du type de cette classe, mais aussi du type de chacune des interfaces implémentée par la classe
    - ★ Différents points de vue possibles (facettes) sur un même objet
- Caster/transtyper
  - Conversion explicite d'une donnée dans un autre type
  - À partir d'une référence sur un objet, en créer une autre d'un autre type, vers le même objet
- Généralisation (*upcast*) : changer vers une classe moins spécifique (toujours possible vers `Object`)
  - Naturelle et implicite
  - Vérifiée à la compilation
  - Sûre
- Spécialisation (*downcast*) : changer vers une classe plus spécifique
  - Explicite
  - Vérifiée à l'exécution
  - À risque

Illustration

```
Reparable[] repairs = new Reparable[2];
repairs[0] = new Car(...);     // upcast implicite
repairs[1] = new Watch(...); // Car/Watch -> Reparable
for (int i = 0; i < repairs.length; i++)
  ((Car) repairs[i]).repair(); // downcast explicite
                               // Reparable -> Car
                             // erreur a l'execution qd i=1
```

Étendre des interfaces

- Une interface peut être étendue en utilisant le mot clé `extends`

```
public interface Spacecraft extends Vehicle {
    void travelThroughHyperspace(...);
    ...
}
```

  - Cette interface hérite de toutes les déclarations de méthodes de `Vehicle`
  - Encore une fois, elles sont toutes publiques