Fondamentaux Java

David Gayerie

28 avril 2019

Fondamentaux Java

Liens utiles

L'API Java https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/index.html

Documentation Java https://docs.oracle.com/javase/8/docs/

CHAPITRE 1

Introduction

Java est un langage de programmation originellement proposé par Sun Microsystems et maintenant par Oracle depuis son rachat de Sun Microsystems en 2010.

Java a été conçu avec deux objectifs principaux :
- Permettre aux développeurs d'écrire des logiciels indépendants de l'environnement *hardware* d'exécution.
- Offrir un langage orienté objet avec une bibliothèque standard riche

1.1 L'environnement

L'indépendance par rapport à l'environnement d'exécution est garantie par la *machine virtuelle Java* (Java Virtual Machine ou **JVM**). En effet, Java est un langage compilé mais le compilateur ne produit pas de code natif pour la machine, il produit du bytecode : un jeu d'instructions compréhensibles par la JVM qu'elle va traduire en code exécutable par la machine au moment de l'exécution.

Pour qu'un programme Java fonctionne, il faut non seulement que les développeurs aient compilé le code source mais il faut également qu'un environnement d'exécution (comprenant la JVM) soit installé sur la machine cible.

Il existe ainsi deux environnements Java qui peuvent être téléchargés et installés depuis le site d'Oracle :

JRE - Java Runtime Environment Cet environnement fournit uniquement les outils nécessaires à l'exécution de programmes Java. Il fournit entre-autres la machine virtuelle Java.

JDK - Java Development Kit Cet environnement fournit tous les outils nécessaires à l'exécution mais aussi au développement de programmes Java. Il fournit entre-autres la machine virtuelle Java et la compilateur.

1.2 Oracle JDK et Open JDK

Depuis 2006, le code source Java (et notamment le code source de la JVM) est progressivement passé sous licence libre GNU GPL. Il existe une version de l'environnement Java incluant uniquement le code libre : Open JDK. Depuis la version 11, Oracle distribue son propre JDK sous licence propriétaire (mais qui ne peut pas être utilisé en production) et une version sous licence GPL.

1.3 Un bref historique des versions

version	date	faits notables
1.0	janvier 1996	La naissance
1.1	février 1997	Ajout de JDBC et définition des JavaBeans
1.2	décembre 1998	Ajout de Swing, des collections (JCF), de l'API de réflexion. La machine virtuelle inclut la compilation à la volée (Just In Time)
1.3	mai 2000	JVM HotSpot
1.4	février 2002	support des regexp et premier parser de XML
5	septembre 2004	évolutions majeures du langage : autoboxing, énumérations, varargs, imports statiques, foreach, types génériques, annotations. Nombreux ajout dans l'API standard
6	décembre 2006	
7	juillet 2011	Quelques évolutions du langage et l'introduction de java.nio
8	mars 2014	évolutions majeures du langage : les lambdas et les streams et une nouvelle API pour les dates
9	septembre 2017	les modules (projet Jigsaw) et jshell
10	mars 2018	inférence des types pour les variables locales (mot-clé `var`)
11	septembre 2018	Nouvelle licence : la version propriétaire de Oracle JDK n'est plus utilisable en production. Oracle fournit cependant une version libre sous licence GPL (http://jdk.java.net/) Suppression de certains modules dépréciés en Java 9 (CORBA, JAXB, JAX-WS…). Nouvelle API de client HTTP.
12	mars 2019	Shenandoah : le nouvel algorithme de ramasse-miettes (*Garbage collector*). Extension de l'expression `switch`.

CHAPITRE 2

Installation

Pour suivre ce cours, vous aurez besoin d'un environnement de développement Java. L'installation du JDK dépend de votre plate-forme : il est distribué sous la forme d'un installeur pour Windows et MacOS, et sous la forme d'un package ou d'une archive sous Linux.

Attention : Votre machine dispose déjà très certainement d'un environnement d'exécution Java (**JRE**) qui ne contient pas les outils nécessaires pour développer en Java. Vous devez donc installer un JDK.

Téléchargement du JDK 1.8

http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html

Vous aurez également besoin d'un environnement de développement intégré (**IDE**) pour Java. Il en existe plusieurs. Dans le cadre de cette formation, nous utiliserons Eclipse

Il existe plusieurs *packages* d'Eclipse visant des publics différents. Si vous voulez uniquement faire du développement d'application Java, vous pouvez télécharger le package *Eclipse IDE for Java Developers*. Si par contre, vous voulez réaliser des développements d'application Web alors peut-être devriez-vous télécharger le package *Eclipse IDE for Java EE Developers*. Cette dernière version offre des fonctionnalités supplémentaires pour le développement d'applications serveur.

Eclipse est distribué sous la forme d'une archive (tar.gz pour Linux et MacOS et zip pour Windows) que vous pouvez décompresser où vous le souhaitez.

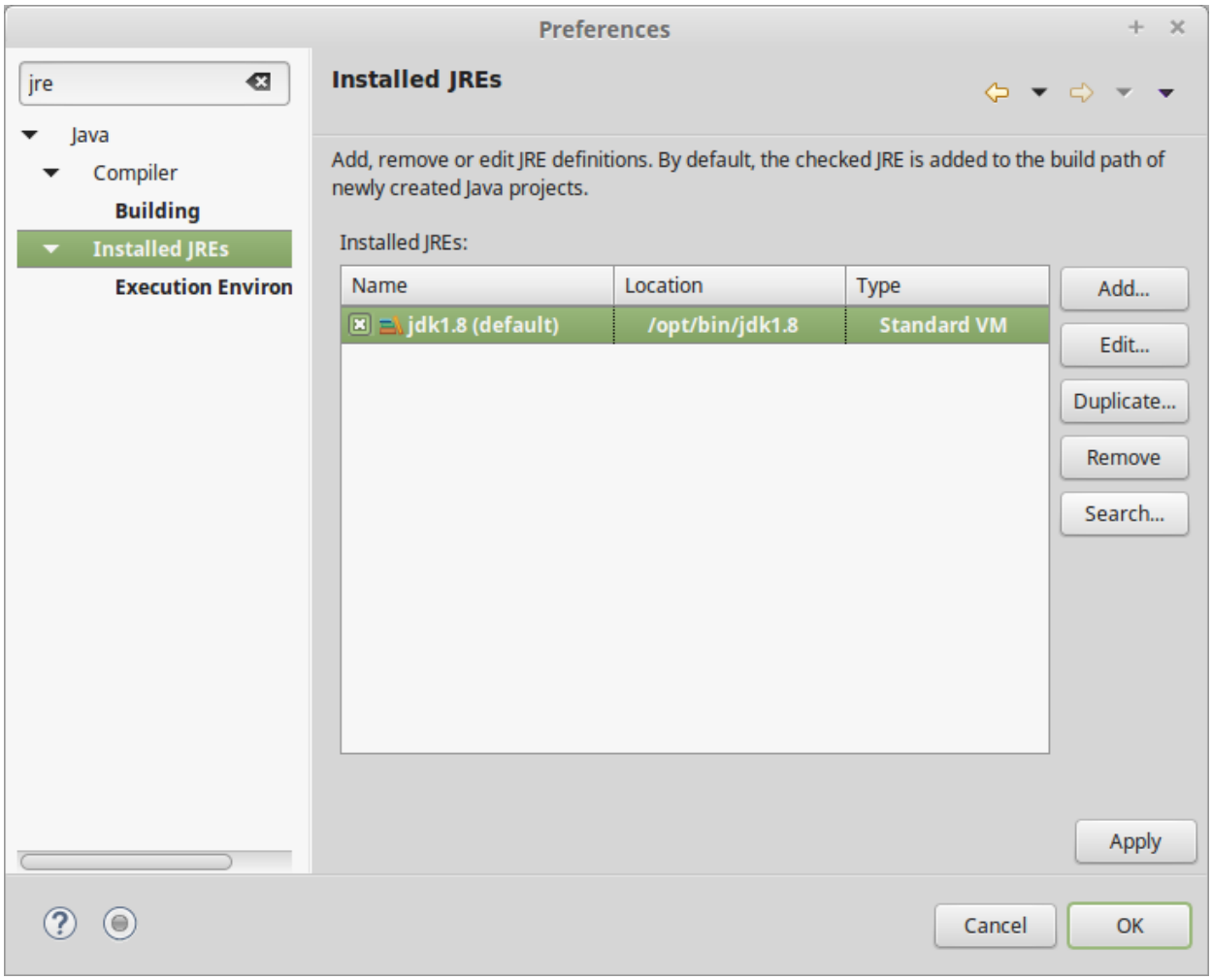
Téléchargement de l'IDE Eclipse

https://www.eclipse.org/downloads/eclipse-packages/

2.1 Configuration d'Eclipse

Après avoir lancé Eclipse, il va falloir vérifier la version de Java utilisée par l'IDE et la modifier si nécessaire.

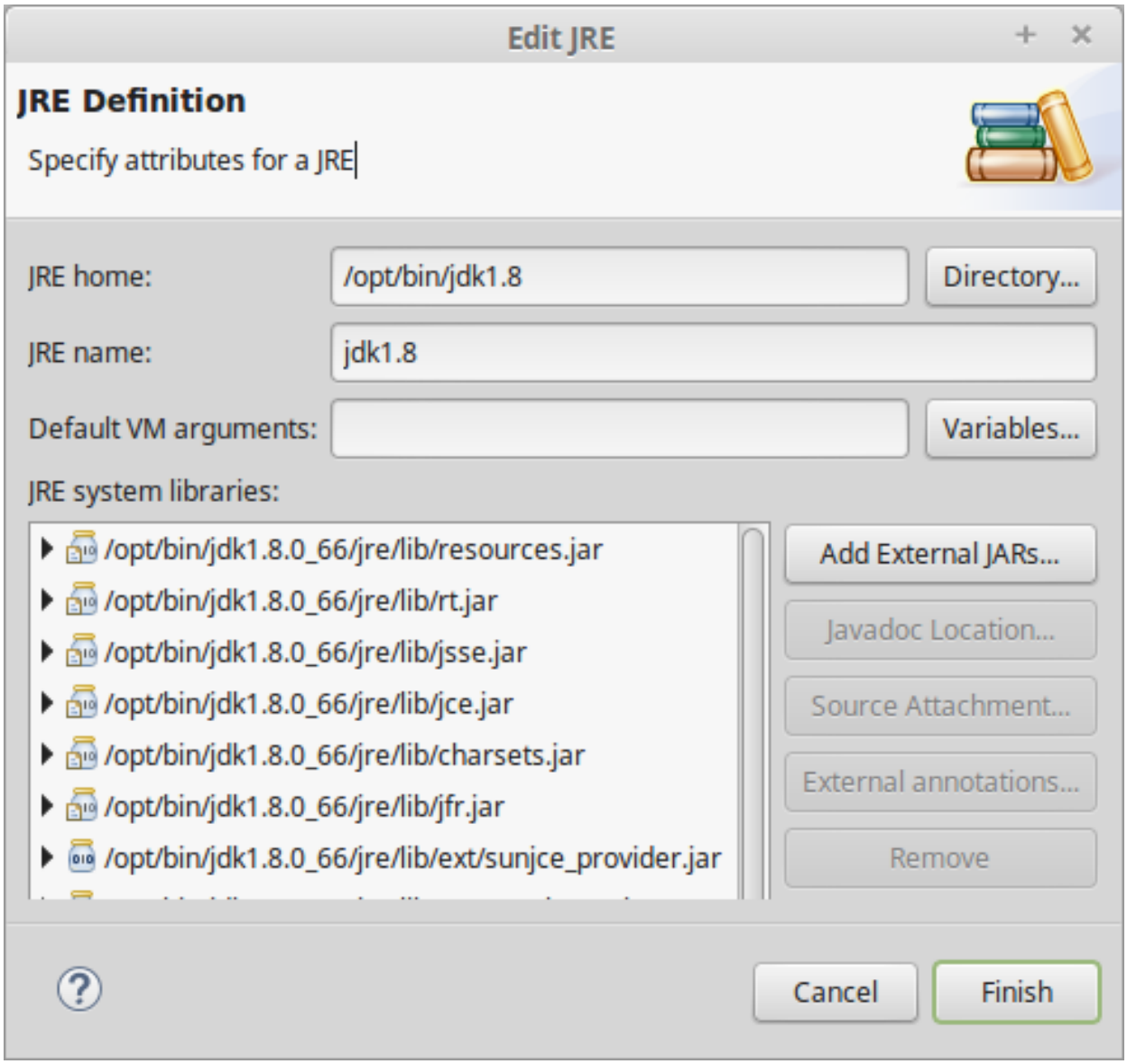
Pour vérifier les versions de Java disponibles dans Eclipse, ouvrez les préférences utilisateur : menu « Window > Preferences ». Dans la zone de filtre en haut à gauche, saisissez « jre » (pour Java Runtime Environment) et sélectionnez dans l'arbre « Installed JREs » comme ci-dessous :



Vérifiez que le JDK que vous avez installé se trouve bien dans la liste des JRE détectés par Eclipse. De plus le JDK doit être coché pour indiquer à Eclipse qu'il s'agit de l'environnement d'exécution à utiliser par défaut pour tous les projets.

Si vous ne trouvez pas le JDK installé dans la liste, utilisez le bouton « Add… » pour l'ajouter manuellement :

1. Pour le choix du type de JRE, choisissez « Standard VM » et cliquez sur « Next »
2. Dans la boîte de dialogue « Add JRE », cliquez sur le bouton « Directory… » pour sélectionner le répertoire d'installation du JDK
3. Eclipse s'occupe ensuite de remplir les champs nécessaires et vous n'avez plus qu'à cliquer sur « Finish »



Attention : N'oubliez pas de cocher la ligne de votre JDK dans l'écran « Installed JREs » pour qu'il devienne l'environnement d'exécution par défaut.

CHAPITRE 3

Compilation & exécution

Dans ce chapitre, nous n'allons pas directement nous intéresser au langage Java. Nous allons plutôt essayer de comprendre les mécanismes sous-jacents à la compilation et à l'exécution d'un programme Java. Nous verrons également comment créer un projet dans Eclipse.

3.1 Un premier programme

Nous allons utiliser comme exemple la programme Java suivant :

```java
/**
 * Ce programme n'est pas très intéressant
 */
public class PremierProgramme {

  public static void main(String[] args) {
    System.out.println("Hello World!");
  }

}
```

La syntaxe du langage nous importe peu pour l'instant. Ce programme Java va simplement écrire le message « Hello World ! » sur la sortie standard.

Téléchargez le fichier `PremierProgramme.java` contenant ce code.

3.2 La compilation

Pour pouvoir exécuter ce programme, nous allons devoir le compiler. Pour cela, nous devons utiliser le programme javac (Java Compiler) dont c'est la fonction. Dans un terminal, il suffit de se rendre dans le répertoire où se situe le fichier et de lancer la commande de compilation :

```
$ cd /home/david/Workspace/workspace-java/exemple
$ javac PremierProgramme.java
```

Attention : Si votre système ne connaît pas la commande javac cela signifie simplement que le répertoire contenant ce programme n'est pas déclaré dans le chemin d'exécution du système. Il vous suffit de le rajouter ou de donner le chemin complet menant à ce programme. Par exemple :

```
$ /opt/bin/jdk1.8/bin/javac PremierProgramme.java
```

Le programme javac est installé dans le sous-répertoire **bin** du répertoire d'installation du JDK

La compilation devrait se passer sans problème et aboutir à la création du fichier **PremierProgramme.class** dans le même répertoire que le fichier java.

Note : Nous y reviendrons plus tard mais en Java, nous déclarons des classes (parfois un peu spéciales). Un fichier source porte l'extension **java** et contient le code source d'une classe. Un fichier résultant de la compilation porte le même nom que le fichier source mais avec l'extension **class**. Ce fichier n'est pas directement éditable car il contient des instructions en bytecode compréhensibles par la JVM.

3.3 L'exécution

L'exécution d'un programme se fait par l'intermédiaire de la machine virtuelle. Pour invoquer cette dernière, on utilise tout simplement la commande java suivie du nom de la classe **sans l'extension** :

```
$ java PremierProgramme
```

Attention : Si votre système ne connaît pas la commande java cela signifie simplement que le répertoire contenant ce programme n'est pas déclaré dans le chemin d'exécution du système. Il vous suffit de le rajouter ou de donner le chemin complet menant à ce programme. Par exemple :

```
$ /opt/bin/jdk1.8/bin/java PremierProgramme
```

Le programme java est installé dans le sous-répertoire **bin** du répertoire d'installation du JDK

La commande java va chercher le fichier PremierProgramme.class pour l'exécuter. Cela signifie qu'à ce stade, vous n'êtes pas obligé de disposer du fichier source PremierProgramme.java.

3.4 La liaison dynamique

Tous les langages de programmation évolués utilisent la notion de liaison (**link**). En effet, il est nécessaire à un moment donné de pouvoir créer un programme à partir de plusieurs fichiers source. Généralement, les fichiers source sont compilés un à un puis un mécanisme de liaison permet de gérer les dépendances entre chacun des fichiers. En programmation, on distingue la liaison **statique** et la liaison **dynamique**.

La liaison statique est une étape qui intervient après la compilation et qui permet de regrouper l'ensemble des fichiers compilés dans un fichier exécutable unique. Les langages tels que C et C++ supportent la liaison statique.

La liaison dynamique est une étape qui intervient au moment du lancement du programme. On vérifie que les fichiers compilés sont disponibles pour l'exécution.

Java ne supporte que la liaison dynamique. Cela signifie que chaque fichier compilé donnera un fichier class. Cela signifie également qu'un programme Java est en fait une collection de plusieurs fichiers class.

Si votre programme est dépendant d'une bibliothèque tierce en Java, vous devez également fournir les fichiers de cette bibliothèque au moment de l'exécution.

Note : Il est impossible d'écrire un programme Java qui n'ait aucune dépendance avec d'autres fichiers class. Dans notre exemple, même simple, nous sommes dépendants de la classe **System**. Nous sommes même dépendants de la classe **Object** alors que ce mot n'est pas présent dans le fichier source. Heureusement, ces classes font partie de la bibliothèque standard de Java qui est disponible avec l'environnement d'exécution. Nous n'avons donc pas à nous préoccuper de comment la JVM va trouver le code pour ces classes. Mais elle le fera bel et bien en utilisant le mécanisme de liaison dynamique.

3.5 Le classpath

La liaison dynamique implique qu'un programme Java est une collection de fichiers. Ces fichiers peuvent se trouver à différents endroits dans le système de fichiers.

Il faut donc un mécanisme pour permettre de les localiser. En Java, on utilise le **classpath** : le chemin des classes. On peut par exemple spécifier un ou plusieurs chemins avec le paramètre **-classpath** aux commandes java et javac indiquant les répertoires à partir desquels il est possible de trouver des fichiers class.

```
$ java -classpath /home/david/Workspace/workspace-java/exemple PremierProgramme
```

La commande ci-dessus peut être exécutée à partir de n'importe quel répertoire puisqu'elle précise un classpath. La JVM tentera de chercher un fichier PremierProgramme.class dans le répertoire */home/david/Workspace/workspace-java/exemple*.

S'il existe des répertoires contenant des fichiers class que vous utilisez souvent, vous pouvez les inclure implicitement dans le classpath on déclarant ces répertoires dans la variable d'environnement **CLASSPATH**.

```
$ export CLASSPATH=/home/david/Workspace/workspace-java/exemple
$ java PremierProgramme
```

Note : Même si le principe du classpath est simple, cela peut amener à des situations très complexes dans les projets. Si on indique plusieurs chemins, on peut avoir des répertoires utilisés comme classpath contenant des classes avec des nom identiques mais avec des comportements différents. On peut aussi exécuter à son insu du code malicieux. Depuis Java 9, un nouveau système baptisé *Jigsaw* et basé sur la notion de module a fait son apparition. Mais il faudra certainement plusieurs années avant que ce système ne remplace définitivement le mécanisme du classpath.

3.6 Bibliothèques Java : les fichiers JAR

Si on se rappelle qu'un programme Java est une collection de fichiers class et qu'il n'est pas rare qu'un programme ait besoin de centaines voire de milliers de ces fichiers alors on se rend vite compte qu'il n'est pas très facile de distribuer un programme Java sous cette forme.

Pour palier à ce problème, on peut utiliser des fichiers jar. JAR signifie *Java ARchive* : il s'agit d'un fichier zip contenant un ensemble de fichiers class mais qui a l'extension **.jar**. Java fournit l'utilitaire jar pour créer une archive :

```
$ jar -cf monappli.jar PremierProgramme.class
```

L'utilitaire jar reprend la syntaxe de **tar** sous les systèmes *NIX.

Un fichier JAR peut être ajouté au classpath rendant ainsi disponible l'ensemble des fichiers qu'il contient.

```
$ export CLASSPATH=/home/david/Workspace/workspace-java/exemple/monappli.jar
$ java PremierProgramme
```

C'est un moyen simple de distribuer son code. Toutes les bibliothèques tierces Java sont disponibles sous la forme d'un fichier JAR.

3.7 Création d'un projet dans Eclipse

Il est utile de comprendre le fonctionnement des outils tels que java ou javac mais ils ne sont pas d'une utilisation très aisée pour de vrais projets. On préférera utiliser un outil de build comme Ant, Maven ou Gradle pour automatiser la compilation et un environnement de développement intégré comme Eclipse pour le développement.

Eclipse fournit des avantages précieux pour les développeurs. Notamment :

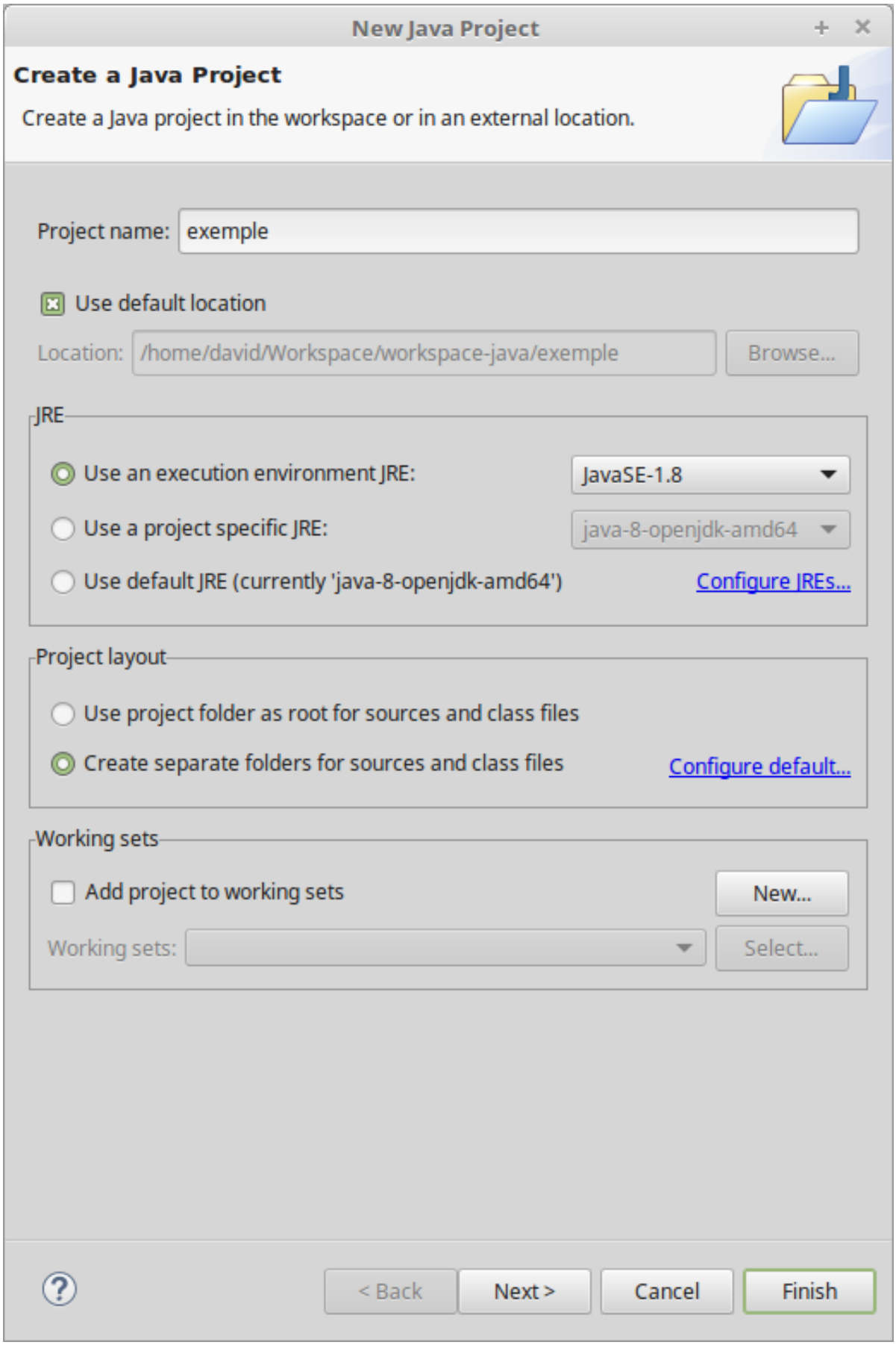
- Eclipse compile automatiquement les fichiers lorsqu'ils sont sauvés. Il est donc possible d'avoir immédiatement un retour sur les éventuelles erreurs de syntaxe ou autres.
- Eclipse offre un environnement riche pour manipuler et modifier les fichiers sources.

Quelques raccourcis clavier utiles dans Eclipse :

Tableau 1 – Raccourcis clavier

CTRL + espace	Complétion de code
CTRL + 1 (ou CTRL + SHIFT + 1)	Suggestions
SHIFT + ALT + R	Renommer dans tous les fichiers
MAJ + CTRL + F	Reformater le code
MAJ + CTRL + O	Organiser les imports
CTRL + SHIFT + T	Chercher le fichier d'une classe
CTRL + SHIFT + R	Chercher une ressource (un fichier)
F11	Exécuter la classe courante

On peut créer toutes sortes de projets différents dans Eclipse. Pour nous, le plus utile sera bien sûr le projet Java. Pour cela, il suffit d'aller dans le menu *File > New > Java Project*. On obtient alors la boite de dialogue suivante :


New Java Project
Create a Java Project
Create a Java project in the workspace or in an external location.
Project name: exemple
Use default location
Location: /home/david/Workspace/workspace-java/exemple
Browse...
JRE
Use an execution environment JRE:
JavaSE-1.8
Use a project specific JRE:
java-8-openjdk-amd64
Use default JRE (currently 'java-8-openjdk-amd64')
Configure JREs...
Project layout
Use project folder as root for sources and class files
Create separate folders for sources and class files
Configure default...
Working sets
Add project to working sets
New...
Working sets:
Select...
< Back
Next >
Cancel
Finish

Il suffit de donner le nom du projet et de cliquer sur *Finish*. Il se peut qu'Eclipse ouvre ensuite une boîte de dialogue pour vous demander si vous voulez changer de *perspective*. Dans Eclipse, une perspective est un agencement de l'espace de travail adapté pour certaines tâches. Il existe par exemple une perspective Java adaptée pour développer du code Java et une perspective Debug pour le debuggage du code.

Un fois le projet créé, on voit que Eclipse a ajouté automatiquement un répertoire **src** destiné à accueillir les sources du projet. Il suffit d'ajouter le fichier `PremierProgramme.java` à cet endroit.

Comme indiqué ci-dessus, toute modification dans ce fichier entraînera automatiquement sa compilation au moment de la sauvegarde.

Si l'on souhaite distribuer son projet, on peut, par exemple, produire un fichier JAR. Pour cela, il suffit de faire un clic droit sur le nom du projet dans le *Package Explorer* et de choisir *Export*. Dans la boîte de dialogue d'export, il faut chercher « jar » et sélectionner *Java > JAR File*. En cliquant sur *Next*, on spécifie le nom et l'emplacement du fichier JAR et il sera créé en cliquant sur *Finish*.

3.8 Exercice

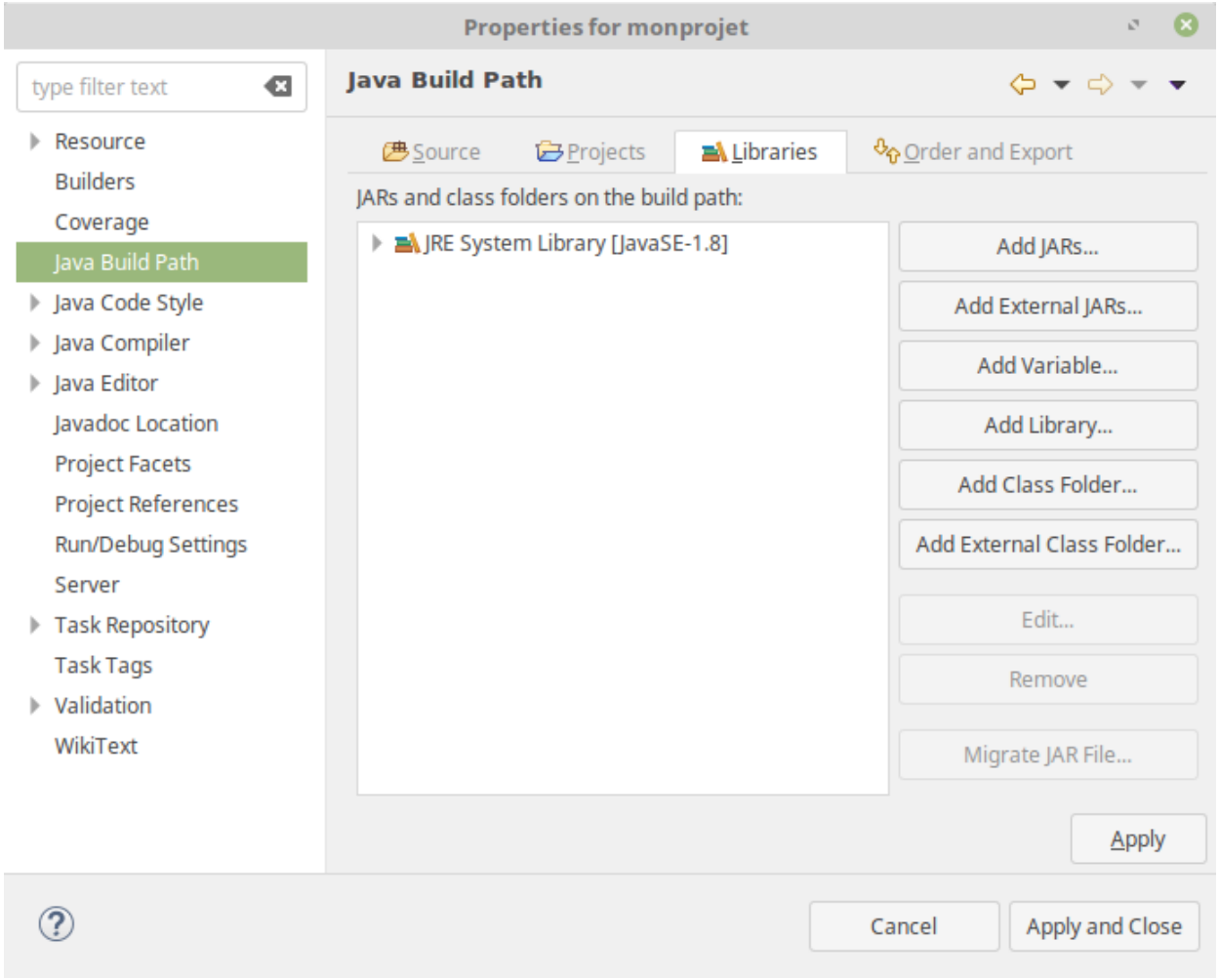
Exercice - Utilisation de bibliothèques JAR

Pour cet exercice, nous allons créer un document PDF grâce à la bibliothèque iText. Pour cela, téléchargez les fichiers JAR suivants :

- http://central.maven.org/maven2/com/itextpdf/itextpdf/5.5.12/itextpdf-5.5.12.jar
- http://central.maven.org/maven2/org/bouncycastle/bcprov-jdk15on/1.58/bcprov-jdk15on-1.58.jar
- http://central.maven.org/maven2/org/bouncycastle/bcpkix-jdk15on/1.58/bcpkix-jdk15on-1.58.jar

Créez une projet Java dans Eclipse et copiez les fichiers JAR téléchargés dans un répertoire *lib* que vous créerez dans le projet Eclipse.

Ajoutez maintenant les fichiers JAR comme bibliothèques du projet. Pour cela, faites une clic droit sur le nom du projet dans le *Package Explorer* et choisissez *Properties*. Dans la boite de dialogue des propriétés du projet, choisissez *Java Buid Path* et enfin cliquez sur l'onglet *Libraries*. Utilisez le bouton *Add JARs…* pour déclarer les fichiers téléchargés comme des bibliothèques de votre projet.



Astuce : Dans le *Package Explorer,* vous pouvez directement faire un clic droit sur chaque fichier JAR et choisir *Build Path* > *Add to Build Path*.

Créer ensuite la classe *PremierPdf* et ajoutez le code suivant :

```
import java.io.FileOutputStream;

import com.itextpdf.text.Document;
import com.itextpdf.text.Paragraph;
import com.itextpdf.text.pdf.PdfWriter;

public class PremierPdf {

  public static void main(String[] args) throws Exception {
    Document document = new Document();
    PdfWriter.getInstance(document, new FileOutputStream("premier-pdf.pdf"));
    document.open();
    document.addTitle("Mon premier PDF");
    document.add(new Paragraph("Hello the world en PDF grâce à iText"));
    document.close();
  }
}
```

En exécutant cette classe, vous obtenez à la racine de votre projet le fichier *premier-pdf.pdf* créé grâce à la bibliothèque iText.

Astuce : Si vous ne voyez pas le fichier PDF apparaître dans le *Package Explorer*, faites un clic droit sur le nom du projet et choisissez *Refresh*.

Note : Pour cet exercice , les fichiers JAR sont téléchargés depuis le site http://central.maven.org qui référence des milliers de bibliothèques Java. Maven est un outil de *build* qui permet de gérer les étapes de construction de votre projet et notamment de déclarer les dépendances logicielles.

CHAPITRE 4

La structure fondamentale du langage

La syntaxe du langage Java est à l'origine très inspirée du C et du C++. Ces deux langages de programmation ont également servi de base au C#. Donc si vous connaissez C, C++ ou C# vous retrouverez en Java des structures de langage qui vous sont familières.

4.1 Les instructions

Java est un langage de programmation impératif. Cela signifie qu'un programme Java se compose d'instructions (**statements**) décrivant les opérations que la machine doit exécuter. En Java une instruction est délimitée par un **point-virgule**.

```
double i = 0.0;
i = Math.sqrt(16);
```

4.2 Le typage

Un type permet d'indiquer au programme les valeurs que peuvent prendre une variable, un paramètre ou un attribut. Java est un langage fortement typé. Lorsque l'on déclare une variable un paramètre ou un attribut, il est **obligatoire de préciser son type**. Par exemple :

```
int i;
```

L'instruction précédente est la déclaration d'une variable *i*. Le type est toujours indiqué à gauche du nom de la variable (c'est également le cas pour les paramètres et

les attributs). Dans l'exemple précédent, la variable *i* est déclarée comme étant du type `int`, c'est-à-dire qu'elle représente la valeur d'un nombre entier. En déclarant le type, le programmeur restreint le type de données que peut représenter cette variable. Ainsi, le compilateur va pouvoir signaler une erreur si jamais une instruction dans le reste du programme tente d'affecter une valeur qui n'est pas adéquate.

```
int i = 0;
i = "bonjour"; // ERREUR : on tente d'affecter une chaîne de caractères
               //          à une variable qui représente un nombre
```

On dit que le typage en Java est fort car une fois que l'on a déclaré une variable (ou un paramètre ou un attribut) avec un type, il n'est plus possible de modifier cette déclaration.

Le type est également vérifié par la machine virtuelle au moment de l'exécution du programme. Le langage Java supporte donc le typage statique (vérification réalisée au moment de la compilation) et le typage dynamique (vérification réalisée au moment de l'exécution).

4.3 Les blocs de code

Java permet de structurer le code en bloc. Un bloc est délimité par des **accolades**. Un bloc permet d'isoler par exemple le code conditionnel à la suite d'un **if** mais il est également possible de créer des blocs anonymes.

```
double i = 0.0;
i = Math.sqrt(16);

if (i > 1) {
  i =  -i;
}

{
  double j = i * 2;
}
```

Un bloc de code n'a pas besoin de se terminer par un point-virgule. Certains outils émettent un avertissement si vous le faites.

4.4 Les commentaires

Un commentaire sur une ligne commence par **//** et continue jusqu'à la fin de la ligne :

```
// ceci est un commentaire
double i = 0.0; // ceci est également un commentaire
```

Un commentaire sur plusieurs lignes commence par **/*** et se termine par ***/** :

```
/* ceci est un commentaire
   sur plusieurs lignes */
double i = 0.0;
```

Il existe un type spécial de commentaires utilisé par l'utilitaire javadoc. Ces commentaires servent à générer la documentation au format HTML de son code. Ces commentaires, appelés **commentaires javadoc**, commencent par **/**** :

```
/**
* Une classe d'exemple.
*
* Cette classe ne fait rien. Elle sert juste à donner un exemple de
* commentaire javadoc.
*
* @author David Gayerie
* @version 1.0
*/
public class MaClasse {

}
```

4.5 Le formatage du code

Le compilateur Java n'impose pas de formatage particulier du code. Dans la mesure où une instruction se termine par un point-virgule et que les blocs sont délimités par des accolades, il est possible de présenter du code de façon différente. Ainsi, le code suivant :

```
double i = 0.0;
i = Math.sqrt(16);

if (i > 1) {
  i = -i;
}
```

est strictement identique pour le compilateur à celui-ci :

```
double i=0.0;i=Math.sqrt(16);if(i>1){i=-i;}
```

Cependant, le code source est très souvent relu par les développeurs, il faut donc en assurer la meilleure lisibilité. Les développeurs Java utilisent une convention de formatage qu'il **faut** respecter. Des outils comme Eclipse permettent d'ailleurs de reformater le code (sous Eclipse avec le raccourci clavier *MAJ + CTRL + F*). Rappelez-vous des conventions suivantes :

```
// On revient à la ligne après une accolade (mais pas avant)
if (i > 0) {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  // ...
}

// On revient systématiquement à la ligne après un point virgule
// (sauf) dans le cas de l'instruction for
int j = 10;
for (int i = 0; i < 10; ++i) {
  j = j + i;
}

// Dans un bloc de code, on utilise une tabulation ou des espaces
// pour mettre en valeur le bloc

if (i > 0) {
  if (i % 2 == 0) {
    // ...
  } else {
    // ...
  }
}

// On sépare les variables des opérateurs par des espaces
i = i + 10; // plutôt que i=i+10
```

4.6 Les conventions de nommage

Chaque langage de programmation et chaque communauté de développeurs définissent des conventions sur la façon de nommer les identifiants dans un programme. Comme pour le formatage de code, cela n'a pas d'impact sur le compilateur mais permet de garantir une bonne lisibilité et donc une bonne compréhension de son code par ses pairs. Les développeurs Java sont particulièrement attachés au respect des conventions de nommage.

Tableau 1 – Convention de nommage

Type	Convention	Exemple
Packages	Un nom de package s'écrit toujours en minuscule. L'utilisation d'un _ est tolérée pour représenter une séparation.	java.utils com.company.extra_utils
Classes et interfaces	Le nom des classes et des interfaces ne doivent pas être des verbes. La première lettre de chaque mot doit être en majuscule (écriture dromadaire).	MyClass SuppressionClientOperateur
Annotations	La première lettre de chaque mot doit être une majuscule (écriture dromadaire). Il est toléré d'écrire des sigles intégralement en majuscules.	@InjectIn @EJB
Méthodes	Le nom d'une méthode est le plus souvent un verbe. La première lettre doit être en minuscule et les mots sont séparés par l'utilisation d'une majuscule (écriture dromadaire).	run() runFast() getWidthInPixels()
Variables	La première lettre doit être en minuscule et les mots sont séparés par l'utilisation d'une majuscule (écriture dromadaire). Même si cela est autorisé par le compilateur, le nom d'une variable ne doit pas commencer par _ ou $. En Java, les développeurs n'ont pas pour habitude d'utiliser une convention de nom pour différencier les variables locales des paramètres ou même des attributs d'une classe. Le nom des variables doit être explicite sans utiliser d'abréviation. Pour les variables « jetables », l'utilisation d'une lettre est d'usage (par exemple i, j ou k)	widthInPixels clientsInscrits total
Constantes	Le nom d'une constante s'écrit intégralement en lettres majuscules et les mots sont séparés par _.	LARGEUR_MAX INSCRIPTIONS_PAR_ANNEE

4.7 Les mots-clés

Comme pour la plupart des langages de programmation, il n'est pas possible d'utiliser comme nom dans un programme un mot-clé du langage. La liste des mots-clés en Java est :

```
abstract   continue   for          new          switch
assert     default    if           package      synchronized
boolean    do         goto         private      this
break      double     implements   protected    throw
byte       else       import       public       throws
case       enum       instanceof   return       transient
catch      extends    int          short        try
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
char       final      interface    static      void
class      finally    long         strictfp    volatile
const      float      native       super       while
_ (underscore)
```

Note : goto et **const** sont des mots-clés réservés mais qui n'ont pas de signification dans le langage Java.

Il existe également des mots réservés qui ne sont pas strictement des mots-clés du langage :

```
true   false   null
```

CHAPITRE 5

Une première classe

Java est langage orienté objet. Cela signifie que (presque) tout est un objet. La définition d'un objet s'appelle une classe. Donc programmer en Java revient à **déclarer** des classes, à **instancier** des objets à partir des classes déclarées ou fournies et à effectuer des opérations sur ces objets.

5.1 Déclarer une classe

Dans ce chapitre, nous allons ébaucher l'implémentation d'une classe Voiture. La classe Voiture sera une représentation abstraite d'une voiture pour les besoins de notre application.

En Java, une classe est déclarée dans son propre fichier qui **doit** porter le même nom que la classe avec l'extension *.java*. Il nous faut donc créer le fichier **Voiture.java** :

```
/**
* Une première classe représentant une voiture
*
* @author David Gayerie
*/
public class Voiture {

}
```

Vous pouvez `télécharger le fichier Voiture.java`. Vous pouvez également créer directement dans un projet sous Eclipse avec le menu *File* → *New* → *Class*.

Note : Si vous créez le fichier à partir d'Eclipse, celui-ci va vous proposer de créer le fichier dans un *package* (par défaut ayant le même nom que le projet). Vous pouvez

effacer le contenu du champ package de la boîte de dialogue en attendant que nous abordions la notion de package.

5.2 Anatomie d'une classe

En Java une classe est déclarée par le mot-clé **class** suivi du nom de la classe. Nous reviendrons plus tard sur le mot-clé **public** qui précède et qui permet de préciser la portée (**scope**) de la définition de cette classe. Ensuite, on ouvre un bloc avec des accolades pour déclarer le contenu de la classe.

La déclaration d'une classe peut contenir :

des attributs Les attributs représentent l'état interne d'un objet. Par exemple, notre voiture peut avoir un attribut pour mémoriser sa vitesse.

des méthodes Les méthodes représentent les opérations que l'on peut effectuer sur un objet de cette classe.

des constantes Les constantes sont un moyen de nommer des valeurs particulières utiles à la compréhension du code.

des énumérations Les énumérations sont des listes figées d'objets. Nous y reviendrons dans un chapitre ultérieur.

des classes internes Un classe peut contenir la déclaration d'autres classes que l'on appelle alors classes internes (**inner classes**). Nous y reviendrons dans un chapitre ultérieur.

L'ordre dans lequel apparaissent ces éléments dans la déclaration de la classe est sans importance en Java. Pour des raisons de commodité de lecture, les développeurs adoptent en général une convention : d'abord les constantes, puis les énumérations, puis les attributs et enfin les méthodes.

5.3 Ajouter des méthodes

Ajoutons quelques méthodes à notre classe **Voiture**. Nous allons commencer par ajouter la méthode **getVitesse** qui permet de connaître la vitesse actuelle d'une voiture en km/h.

```
/**
* Une première classe représentant une voiture
*
* @author David Gayerie
*/
public class Voiture {

  /**
   * @return La vitesse en km/h de la voiture
   */
  public float getVitesse() {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

}
```

Une méthode est identifée par sa **signature**. La signature d'une méthode est de la forme :

```
[portée] [type de retour] [identifiant] ([liste des paramètres]) {
  [code]
}
```

Pour la méthode que nous venons de déclarer :

Tableau 1 – Signature de la méthode

portée	public
type de retour	float (nombre à virgule flottante)
identifiant	getVitesse
liste des paramètres	aucun

Le code source précédent ne compilera pas, en effet, Java étant un langage fortement typé, nous sommes obligé d'indiquer le type de retour de la méthode *getVitesse* et donc le compilateur s'attend à ce que cette méthode retourne un nombre à virgule flottante. La vitesse de la voiture est typiquement une information qui correspond à l'état de la voiture à un moment donné. Il est donc intéressant de stocker cette information comme attribut de la classe :

```
/**
 * Une première classe représentant une voiture
 *
 * @author David Gayerie
 */
public class Voiture {

  private float vitesse;

  /**
   * @return La vitesse en km/h de la voiture
   */
  public float getVitesse() {
    return vitesse;
  }

}
```

Un attribut est identifé par :

```
[portée] [type] [identifiant];
```

Pour l'attribut *vitesse*, nous spécifions le type de portée **private**. En Java, un attribut a toujours une valeur par défaut qui dépend de son type. Pour le type **float**, la valeur par défaut est 0.

Nous pouvons maintenant enrichir notre classe avec des méthodes supplémentaires :

```
/**
 * Une première classe représentant une voiture
 *
 * @author David Gayerie
 */
public class Voiture {

  private float vitesse;

  /**
   * @return La vitesse en km/h de la voiture
   */
  public float getVitesse() {
    return vitesse;
  }

  /**
   * Pour accélérer la voiture
   * @param deltaVitesse Le vitesse supplémentaire
   */
  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    vitesse = vitesse + deltaVitesse;
  }

  /**
   * Pour décélérer la voiture
   * @param deltaVitesse Le vitesse à soustraire
   */
  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    vitesse = vitesse - deltaVitesse;
  }

  /**
   * Freiner la voiture.
   */
  public void freiner() {
    vitesse = 0;
  }

  /**
   * Représentation de l'objet sous la forme
   * d'une chaîne de caractères.
   */
  public String toString() {
    return "La voiture roule actuellement à " + vitesse + " km/h.";
  }
}
```

Les méthodes *Voiture.accelerer(float)* et *Voiture.decelerer(float)* prennent toutes les deux un paramètre de type **float**. Comme ces méthodes ne retournent aucune valeur, nous sommes obligés de l'indiquer avec le mot-clé **void**.

La méthode *toString()* permet d'obtenir une représentation d'un objet sous la forme

d'une chaîne de caractères. Cette méthode est notamment appelée lorsque l'on passe un objet en paramètre de la méthode `System.out.println()` pour afficher une représentation textuelle d'un objet. Notez, que l'opérateur **+** est utilisé en Java pour concaténer les chaînes de caractères et qu'il est possible de concaténer des chaînes de caractères avec d'autres types. Dans notre exemple, nous concaténons une chaîne de caractères avec le nombre à virgule flottante représentant la vitesse de la voiture.

Note : Java ne supporte pas la notion de fonction. Il n'est donc pas possible de déclarer des méthodes en dehors d'une classe.

5.4 La méthode main

Si nous voulons utiliser notre classe dans un programme, il nous faut déterminer un point d'entrée pour l'exécution du programme. Un point d'entrée est représenté par la méthode **main** qui doit avoir la signature suivante :

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

Une classe ne peut déclarer qu'une seule méthode **main**. En revanche, toutes les classes peuvent déclarer une méthode **main**. Cela signifie qu'une application Java peut avoir plusieurs points d'entrée (ce qui peut se révéler très pratique). Voilà pourquoi la commande **java** attend comme paramètre le nom d'une classe qui doit déclarer une méthode **main**.

Ajoutons une méthode **main** à la classe Voiture pour réaliser une programme très simple :

```
1  /**
2   * Une première classe représentant une voiture
3   *
4   * @author David Gayerie
5   */
6  public class Voiture {
7
8    private float vitesse;
9
10   /**
11    * @return La vitesse en km/h de la voiture
12    */
13   public float getVitesse() {
14     return vitesse;
15   }
16
17   /**
18    * Pour accélérer la voiture
19    * @param deltaVitesse Le vitesse supplémentaire
20    */
21   public void accelerer(float deltaVitesse) {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
22      vitesse = vitesse + deltaVitesse;
23    }
24
25    /**
26     * Pour décélérer la voiture
27     * @param deltaVitesse Le vitesse à soustraire
28     */
29    public void decelerer(float deltaVitesse) {
30      vitesse = vitesse - deltaVitesse;
31    }
32
33    /**
34     * Freiner la voiture.
35     */
36    public void freiner() {
37      vitesse = 0;
38    }
39
40    /**
41     * Représentation de l'objet sous la forme
42     * d'une chaîne de caractères.
43     */
44    public String toString() {
45      return "La voiture roule actuellement à " + vitesse + " km/h.";
46    }
47
48    public static void main(String[] args) {
49      Voiture voiture = new Voiture();
50
51      System.out.println(voiture);
52
53      voiture.accelerer(110);
54      System.out.println(voiture);
55
56      voiture.decelerer(20);
57      System.out.println(voiture);
58
59      voiture.freiner();
60      System.out.println(voiture);
61    }
62  }
```

À la ligne 49, le code commence par créer une **instance** de la classe Voiture. Une classe représente une abstraction ou, si vous préférez, un schéma de ce qu'est une Voiture pour notre programme. Évidemment, une voiture peut aussi être définie pas sa couleur, sa marque, son prix, les caractéristiques techniques de son moteur. Mais faisons l'hypothèse que, dans le cadre de notre programme, seule la vitesse aura un intérêt. Voilà pourquoi notre classe Voiture n'est qu'une abstraction du concept de Voiture.

Si dans notre programme, nous voulons interagir avec une voiture nous devons créer une instance de la classe Voiture. Cette instance (que l'on appelle plus simplement un objet) dispose de son propre espace mémoire qui contient son état, c'est-à-dire la liste de ses attributs. Créer une instance d'un objet se fait grâce au mot-clé **new**.

Note : Remarquez l'utilisation des parenthèses avec le mot-clé **new** :

```
Voiture voiture = new Voiture();
```

Ces parenthèses sont obligatoires.

En Java, l'opérateur **.** sert à accéder aux attributs ou aux méthodes d'un objet. Donc si on dispose d'une variable *voiture* de type *Voiture*, on peut appeler sa méthode *accelerer* grâce à cet opérateur :

```
voiture.accelerer(90);
```

Aux lignes 51, 54, 57 et 60, nous utilisons la classe System pour afficher du texte sur la sortie standard. Notez que nous ne créons pas d'instance de la classe System avec l'opérateur **new**. Il s'agit d'un cas particulier sur lequel nous reviendrons lorsque nous aborderons les méthodes et les attributs de classe. Nous utilisons l'attribut de classe **out** de la classe System qui représente la sortie standard et nous appelons sa méthode println qui affiche le texte passé en paramètre suivi d'un saut de ligne. Cependant, nous ne passons pas une chaîne de caractères comme paramètre mais directement une instance de notre classe Voiture. Dans ce cas, la méthode println appellera la méthode *Voiture.toString()* pour obtenir une représentation textuelle de l'objet.

5.5 Exécuter le programme en ligne de commandes

Dans un terminal, en se rendant dans le répertoire contenant le fichier Java, il est possible de le compiler

```
$ javac Voiture.java
```

et de lancer le programme

```
$ java Voiture
```

Ce qui affichera sur la sortie suivante :

```
La voiture roule actuellement à 0.0 km/h
La voiture roule actuellement à 110.0 km/h
La voiture roule actuellement à 90.0 km/h
La voiture roule actuellement à 0.0 km/h
```

5.6 Exécuter le programme depuis Eclipse

Il suffit d'ajouter la classe *Voiture* dans le répertoire *src* d'un projet Java dans Eclipse. Ensuite, il faut faire un clic droit sur le nom du fichier dans le *Package Explorer* et choisir *Run as* → *Java Application*.

Note : Vous pouvez aussi appuyer sur la touche `F11` lorsque vous êtes positionné dans le fichier source pour lancer l'exécution de la classe.

CHAPITRE 6

Les types primitifs

Java n'est pas complètement un langage orienté objet dans la mesure où il supporte ce que l'on nomme les *types primitifs*. Chaque type primitif est représenté par un mot-clé :

Tableau 1 – Types primitifs

Français	Anglais	Mot-clé
Booléen	Boolean	**boolean**
Caractère	Character	**char**
Entier	Integer	**int**
Octet	Byte	**byte**
Entier court	Short integer	**short**
Entier long	Long integer	**long**
Nombre à virgule flottante	Float number	**float**
Nombre à virgule flottante en double précision	Double precision float number	**double**

Une variable de type primitif représente juste une valeur stockée dans un espace mémoire dont la taille dépend du type. À la différence des langages comme C ou C++, l'espace mémoire occupé par un primitif est fixé par la spécification du langage et non par la machine cible.

Tableau 2 – Taille mémoire

Type	Espace mémoire	Signé
boolean	indéterminé	non
char	2 octets (16 bits)	non
int	4 octets (32 bits)	oui
byte	1 octet (8 bits)	oui
short	2 octets (16 bits)	oui
long	8 octets (64 bits)	oui
float	4 octets (32 bits IEEE 754 floating point)	oui
double	8 octets (64 bits IEEE 754 floating point)	oui

6.1 Le type booléen : boolean

Les variables de type booléen ne peuvent prendre que deux valeurs : **true** ou **false**. Par défaut, un attribut de type **boolean** vaut **false**.

On ne peut utiliser que des opérateurs booléens comme **==**, **!=** et **!** sur des variables de type booléen (pas d'opération arithmétique autorisée).

6.2 Le type caractère : char

Les variables de type **char** sont codées sur 2 octets non signés car la représentation interne des caractères est l'UTF-16. Cela signifie que la valeur va de 0 à 2^16 - 1. Par défaut, un attribut de type **char** vaut **0** (c'est-à-dire le caractère de terminaison).

Pour représenter un littéral, on utilise l'apostrophe (**simple quote**) :

```
char c = 'a';
```

Même si les caractères ne sont pas des nombres, Java autorise les opérations arithmétiques sur les caractères en se basant sur le code caractère. Cela peut être pratique si l'on veut parcourir l'alphabet par exemple :

```
for (char i = 'a'; i <= 'z'; ++i) {
  // ...
}
```

On peut également affecter un nombre à une variable caractère. Ce nombre représente alors le code caractère :

```
char a = 97; // 97 est le code caractère de la lettre a en UTF-16
```

Affecter une variable de type entier à un variable de type **char** conduit à une erreur de compilation. En effet, le type **char** est un nombre signé sur 2 octets. Pour passer la compilation, il faut transtyper (**cast**) la variable :

```
int i = 97;
char a = (char) i; // cast vers char obligatoire pour la compilation
```

6.3 Les types entiers : byte, short, int, long

Les types entiers différent entre-eux uniquement par l'espace de stockage mémoire qui leur est alloué. Ils sont tous des types signés. Par défaut, un attribut de type **byte**, **short**, **int** ou **long** vaut 0.

La règle de conversion implicite est simple : on peut affecter une variable d'un type à une variable d'un autre type que si la taille mémoire est au moins assez grande.

```
byte b  = 1;
short s = 2;
int i   = 3;
long l  = 4;

// conversion implicite ok
// car la variable à droite de l'expression
// est d'une taille mémoire inférieure
s = b;
i = s;
i = b;
l = b;
l = s;
l = i;
```

Dans tous les autres cas, il faut réaliser un transtypage avec un risque de perte de valeur :

```
b = (byte) s;
s = (short) i;
i = (int) l;
```

Lorsque vous affectez une valeur littérale à une variable, le compilateur contrôlera que la valeur est acceptable pour ce type :

```
byte b = 0;
b = 127; // ok
b = 128; // ko car le type byte accepte des valeurs entre -128 et 127
```

Les valeurs littérales peuvent s'écrire suivant plusieurs bases :

Tableau 3 – Écriture des valeurs entières littérales

Base	Exemple
2 (binaire)	0b0010 ou 0B0010
8 (octal)	0174
10 (décimal)	129
16 (hexadécimal)	0x12af ou 0X12AF

On peut forcer une valeur littérale à être interprétée comme un entier long en suffixant la valeur par **L** ou **l** :

```
long l = 100L;
```

Pour plus de lisibilité, il est également possible de séparer les milliers par _ :

```
long l = 1_000_000;
```

Note : Les opérations arithmétiques entre des valeurs littérales sont effectuées à la compilation. Il est souvent plus lisible de faire apparaître l'opération plutôt que le résultat :

```
int hourInMilliseconds = 60 * 60 * 1000 // plutôt que 3_600_000
```

Danger : La représentation interne des nombres entiers fait qu'il est possible d'aboutir à un dépassement des valeurs maximales ou minimales (*buffer overflow* ou *buffer underflow*) . Il n'est donc pas judicieux d'utiliser ces types pour représenter des valeurs qui peuvent croître ou décroître sur une très grande échelle. Pour ces cas-là, on peut utiliser la classe BigInteger qui utilise une représentation interne plus complexe.

6.4 Les types à virgule flottante : float, double

Les types **float** et **double** permettent de représenter les nombres à virgule selon le format IEEE 754. Ce format stocke le signe sur un bit puis le nombre sous une forme entière (la mantisse) et l'exposant en base 2 pour positionner la virgule. Par défaut, un attribut de type **float** ou **double** vaut 0.

float est dit en simple précision et est codé sur 4 octets (32 bits) tandis que **double** est dit en double précision et est codé sur 8 octets (64 bits).

Il est possible d'ajouter une valeur entière à un type à virgule flottante mais l'inverse nécessite une transtypage (**cast**) avec une perte éventuelle de valeur.

```java
int i = 2;
double d = 5.0;
d = d + i;
i = (int) (d + i);
```

Les valeurs littérales peuvent s'écrire avec un **.** pour signifier la virgule et/ou avec une notation scientifique en donnant l'exposant en base 10 :

```java
double d1 = .0; // le 0 peut être omis à gauche de la virgule
double d2 = -1.5;
double d3 = 1.5E1; // 1.5 * 10, c'est-à-dire 15.0
double d4 = 0.1234E-15;
```

Une valeur littérale est toujours considérée en double précision. Pour l'affecter à une variable de type **float**, il faut suffixer la valeur par **F** ou **f** :

```java
float f = 0.5f;
```

Danger : La représentation interne des nombres à virgule flottante fait qu'il est possible d'aboutir à des imprécisions de calcul. Il n'est donc pas judicieux d'utiliser ces types pour représenter des valeurs pour lesquelles les approximations de calcul ne sont pas acceptables.

Par exemple, les applications qui réalisent des calculs sur des montants financiers ne devraient **jamais** utiliser des nombres à virgule flottante. Soit il faut représenter l'information en interne toujours en entier (par exemple en centimes d'euro) soit il faut utiliser la classe BigDecimal qui utilise une représentation interne plus complexe mais sans approximation.

6.5 Les classes enveloppes

Comme les types primitifs ne sont pas des classes, l'API standard de Java fournit également des classes qui permettent d'envelopper la valeur d'un type primitif : on parle de **wrapper classes**.

Tableau 4 – Wrapper classes

Type	Classe associée
boolean	java.lang.Boolean
char	java.lang.Character
int	java.lang.Integer
byte	java.lang.Byte
short	java.lang.Short
long	java.lang.Long
float	java.lang.Float
double	java.lang.Double

Note : Le tableau ci-dessus donne le nom complet des classes, c'est-à-dire en incluant le nom du package (*java.lang*).

Il est possible de créer une instance d'une classe enveloppe soit en utilisant son constructeur soit en utilisant la méthode de classe **valueOf** (il s'agit de la méthode recommandée).

```
Integer i = Integer.valueOf(2);
```

Pour obtenir la valeur enveloppée, on fait appel à la méthode *xxxValue()*, xxx étant le type sous-jacent :

```
Integer i = Integer.valueOf(2);
int x = 1 + i.intValue();
```

Pourquoi avoir créé ces classes ? Cela permet d'offrir un emplacement facile à mémoriser à des méthodes utilitaires. Par exemple, toutes les classes enveloppes définissent une méthode de classe de la forme *parseXXX* qui permet de convertir une chaîne de caractères en un type primitif :

```
boolean b = Boolean.parseBoolean("true");
byte by = Byte.parseByte("1");
short s = Short.parseShort("1");
int i = Integer.parseInt("1");
long l = Long.parseLong("1");
float f = Float.parseFloat("1");
double d = Double.parseDouble("1");
// enfin presque toutes car Character n'a pas cette méthode
```

Une variable de type d'une des classes enveloppes référence un objet donc elle peut avoir la valeur spéciale **null**. Ce cas permet de signifier l'absence de valeur.

Les classes enveloppes contiennent des constantes pour donner des informations utiles. Par exemple, la classe java.lang.Integer déclare les constantes MIN_VALUE et MAX_VALUE qui donnent respectivement la plus petite valeur et la plus grande valeur représentables par la primitive associée.

Enfin les classes enveloppes sont conçues pour être non modifiables. Cela signifie que l'on ne peut pas modifier la valeur qu'elles enveloppent après leur création.

6.6 L'autoboxing

Il n'est pas rare dans une application Java de devoir convertir des types primitifs vers des instances de leur classe enveloppe et réciproquement. Afin d'alléger la syntaxe, on peut se contenter d'affecter une variable à une autre et le compilateur se chargera d'ajouter le code manquant. L'opération qui permet de passer d'un type primitif à une instance de sa classe enveloppe s'appelle le **boxing** et l'opération inverse s'appelle **l'unboxing**.

Le code suivant

```
Integer i = 1;
```

est accepté par le compilateur et ce dernier lira à la place

```
Integer i = Integer.valueOf(1); // boxing
```

De même, le code suivant

```
Integer i = 1;
int j = i;
```

est également accepté par le compilateur et ce dernier lira à la place

```
Integer i = Integer.valueOf(1); // boxing
int j = i.intValue(); // unboxing
```

On peut ainsi réaliser des opérations arithmétiques sur des instances de classes enveloppes

```
Integer i = 1;
Integer j = 2;
Integer k = i + j;
```

Il faut bien comprendre que le code ci-dessus manipule en fait des objets et qu'il implique plusieurs opérations de boxing et de unboxing. Si cela n'est pas strictement nécessaire, alors il vaut mieux utiliser des types primitifs.

L'autoboxing fonctionne à chaque fois qu'une affectation a lieu. Il s'applique donc à la déclaration de variable, à l'affection de variable et au passage de paramètre.

L'autoboxing est parfois difficile à utiliser car il conduit à des expressions qui peuvent être ambiguës. Par exemple, alors que le code suivant utilisant des primitives compile :

```
int i = 1;
float j = i;
```

Ce code faisant appelle à l'autoboxing ne compile pas en l'état :

```
Integer i = 1;
Float j = i; // ERREUR : i est de type Integer
```

Pire, l'autoboxing peut être source de bug. Le plus évident est l'unboxing d'une variable nulle :

```
Integer i = null;
int j = i; // ERREUR : unboxing de null !
```

Une variable de type **Integer** peut être **null**. Dans ce cas, l'unboxing n'est pas possible et aboutira à une erreur (NullPointerException). Si cet exemple est trivial, il peut être beaucoup plus subtil et difficile à comprendre pour un projet de plusieurs centaines (milliers) de lignes de code.

CHAPITRE 7

Les opérateurs

Un opérateur prend un ou plusieurs opérandes et produit une nouvelle valeur. Les opérateurs en Java sont très proches de ceux des langages C et C++ qui les ont inspirés.

7.1 L'opérateur d'affectation

L'affectation est réalisée grâce à l'opérateur **=**. Cet opérateur, copie la valeur du paramètre de droite (appelé *rvalue*) dans le paramètre de gauche (appelé *lvalue*). Java opère donc par copie. Cela signifie que si l'on change plus tard la valeur d'un des opérandes, la valeur de l'autre ne sera pas affectée.

```
int i = 1;
int j = i; // j reçoit la copie de la valeur de i

i = 10; // maintenant i vaut 10 mais j vaut toujours 1
```

Pour les variables de type objet, on appelle ces variables des **handlers** car la variable ne contient pas à proprement parler un objet mais la *référence d'un objet*. On peut dire aussi qu'elle pointe vers la zone mémoire de cet objet. Cela a plusieurs conséquences importantes.

```
Voiture v1 = new Voiture();
Voiture v2 = v1;
```

Dans, l'exemple ci-dessus, **v2** reçoit la copie de l'adresse de l'objet contenue dans **v1**. Donc ces deux variables référencent bien le même objet et nous pouvons le manipuler à travers l'une ou l'autre de ces variables. Si plus loin dans le programme, on écrit :

```
v1 = new Voiture();
```

v1 reçoit maintenant la référence d'un nouvel objet et les variables **v1** et **v2** référencent des instances différentes de **Voiture**. Si enfin, j'écris :

```
v2 = null;
```

Maintenant, la variable **v2** contient la valeur spéciale **null** qui indique qu'elle ne référence rien. Mais l'instance de *Voiture* que la variable **v2** référençait précédemment, n'a pas disparue pour autant. Elle existe toujours quelque part en mémoire. On dit que cette instance n'est plus référencée.

Important : Le passage par copie de la référence vaut également pour les paramètres des méthodes.

Note : = est plus précisément l'opérateur d'initialisation et d'affectation. Pour une variable, l'initialisation se fait au moment de sa déclaration et pour un attribut, au moment de la création de l'objet.

```
// Initialisation
int a = 1;
```

L'affectation est une opération qui se fait, pour une variable, après sa déclaration et, pour un attribut, après la construction de l'objet.

```
int a;
// Affectation
a = 1;
```

7.2 Les opérateurs arithmétiques

Les opérateurs arithmétiques à deux opérandes sont :

Tableau 1 – Opérateurs arithmétiques

*****	Multiplication
/	Division
%	Reste de la division
+	Addition
-	Soustraction

La liste ci-dessus est donnée par ordre de précédence. Cela signifie qu'une multiplication est effectuée avant une division.

```
int i = 2 * 3 + 4 * 5 / 2;
int j = (2 * 3) + ((4 * 5) / 2);
```

Les deux expressions ci-dessus donne le même résultant en Java : 16. Il est tout de même recommandé d'utiliser les parenthèses qui rendent l'expression plus facile à lire.

7.3 Les opérateurs arithmétiques unaires

Les opérateurs arithmétiques unaires ne prennent qu'un seul argument (comme l'indique leur nom), il s'agit de :

Tableau 2 – Opérateurs arithmétiques unaires

`expr++`	Incrément postfixé
`expr--`	Décrément postfixé
`++expr`	Incrément préfixé
`--expr`	Décrément préfixé
`+`	Positif
`-`	Négatif

```
int i = 0;
i++; // i vaut 1
++i; // i vaut 2
--i; // i vaut 1

int j = +i; // équivalent à int j = i;
int k = -i;
```

Note : Il y a une différence entre un opérateur postfixé et un opérateur préfixé lorsqu'ils sont utilisés conjointement à une affectation. Pour les opérateurs préfixés, l'incrément ou le décrément se fait **avant** l'affectation. Pour les opérateurs postfixés, l'incrément ou le décrément se fait **après** l'affectation.

```
int i = 10;
j = i++; // j vaudra 10 et i vaudra 11

int k = 10;
l = ++k; // l vaudra 11 et k vaudra 11
```

7.4 L'opérateur de concaténation de chaînes

Les chaînes de caractères peuvent être concaténées avec l'opérateur **+**. En Java, les chaînes de caractères sont des objets de type String. Il est possible de concaténer un objet de type String avec un autre type. Pour cela, le compilateur insérera un appel à la méthode *toString* de l'objet ou de la classe enveloppe pour un type primitif.

```
String s1 = "Hello ";
String s2 = s1 + " world";
String s3 = " !";
String s4 = s2 + s3;
```

Note : L'opérateur de concaténation correspond plus à du sucre syntaxique qu'à un véritable opérateur. En effet, il existe la classe StringBuilder dont la tâche consiste justement à nous aider à construire des chaînes de caractères. Le compilateur remplacera en fait notre code précédent par quelque chose dans ce genre :

```
String s1 = "Hello ";

StringBuilder sb1 = new StringBuilder();
sb1.append(s1)
sb1.append(s2);

String s2 = sb1.toString();
String s3 = " !";

StringBuilder sb2 = new StringBuilder();
sb2.append(s2)
sb2.append(s3);

String s4 = sb2.toString();
```

Note : Concaténer une chaîne de caractères avec une variable nulle ajoute la chaîne « null » :

```
String s1 = "test ";
String s2 = null;
String s3 = s1 + s2; // "test null"
```

7.5 Les opérateurs relationnels

Les opérateurs relationnels produisent un résultat booléen (**true** ou **false**) et permettent de comparer deux valeurs :

Tableau 3 – Opérateurs relationnels

<	Inférieur
>	Supérieur
<=	Inférieur ou égal
>=	Supérieur ou égal
==	Égal
!=	Différent

La liste ci-dessus est donnée par ordre de précédence. Les opérateurs **<**, **>**, **<=**, **>=** ne peuvent s'employer que pour des nombres ou des caractères (**char**).

Les opérateurs **==** et **!=** servent à comparer les valeurs contenues dans les deux variables. Pour des variables de type objet, ces opérateurs **ne comparent pas** les objets entre-eux mais simplement les références contenues dans ces variables.

```
Voiture v1 = new Voiture();
Voiture v2 = v1;

// true car v1 et v2 contiennent la même référence
boolean resultat = (v1 == v2);
```

Prudence : Les chaînes de caractères en Java sont des **objets** de type String. Cela signifie qu'il ne faut **JAMAIS** utiliser les opérateurs **==** et **!=** pour comparer des chaînes de caractères.

```
String s1 = "une chaîne";
String s2 = "une chaîne";

// sûrement un bug car le résultat est indéterminé
boolean resultat = (s1 == s2);
```

La bonne façon de faire est d'utiliser la méthode equals pour comparer des objets :

```
String s1 = "une chaîne";
String s2 = "une chaîne";

boolean resultat = s1.equals(s2); // OK
```

7.6 Les opérateurs logiques

Les opérateurs logiques prennent des booléens comme opérandes et produisent un résultat booléen (**true** ou **false**) :

Tableau 4 – Opérateurs relationnels

!	Négation
&&	Et logique
||	Ou logique

```
boolean b = true;
boolean c = !b // c vaut false

boolean d = b && c; // d vaut false
boolean e = b || c; // e vaut true
```

Les opérateurs **&&** et **||** sont des opérateurs qui n'évaluent l'expression à droite que si cela est nécessaire.

```
ltest() && rtest()
```

Dans l'exemple ci-dessus, la méthode **ltest** est appelée et si elle retourne **true** alors la méthode rtest() sera appelée pour évaluer l'expression. Si la méthode **ltest** retourne **false** alors le résultat de l'expression sera **false** et la méthode **rtest** ne sera pas appelée.

```
ltest() || rtest()
```

Dans l'exemple ci-dessus, la méthode **ltest** est appelée et si elle retourne **false** alors la méthode rtest() sera appelée pour évaluer l'expression. Si la méthode **ltest** retourne **true** alors le résultat de l'expression sera **true** et la méthode **rtest** ne sera pas appelée.

Si les méthodes des exemples ci-dessus produisent des effets de bord, il est parfois difficile de comprendre le comportement du programme.

Astuce : Il existe en Java les opérateurs **&** et **|** qui forcent l'évaluation de tous les termes de l'expression quel que soit le résultat de chacun d'entre eux.

```
ltest() | ctest() & rtest()
```

Dans l'expression ci-dessus, peu importe la valeur booléenne retournée par l'appel à ces méthodes. Elles seront toutes appelées puis ensuite le résultat de l'expression sera évalué.

7.7 L'opérateur ternaire

L'opérateur ternaire permet d'affecter une valeur suivant le résultat d'une condition.

```
exp booléenne ? valeur si vrai : valeur si faux
```

Par exemple :

```
String s = age >= 18 ? "majeur" : "mineur";
int code = s.equals("majeur") ? 10 : 20;
```

7.8 Les opérateurs *bitwise*

Les opérateurs *bitwise* permettent de manipuler la valeur des bits d'un entier.

Tableau 5 – Opérateurs *bitwise*

~	Négation binaire
&	Et binaire
^	Ou exclusif (XOR)
|	Ou binaire

```
int i = 0b1;

i = 0b10 | i; // i vaut 0b11

i = 0b10 & i; // i vaut 0b10

i = 0b10 ^ i; // i vaut 0b00

i = ~i; // i vaut -1
```

7.9 Les opérateurs de décalage

Les opérateurs de décalage s'utilisent sur des entiers et permettent de déplacer les bits vers la gauche ou vers la droite. Par convention, Java place le bit de poids fort à gauche quelle que soit la représentation physique de l'information. Il est possible de conserver ou non la valeur du bit de poids fort qui représente le signe pour un décalage à droite.

Tableau 6 – Opérateurs de décalage

<<	Décalage vers la gauche
>>	Décalage vers la droite avec préservation du signe
>>>	Décalage vers la droite sans préservation du signe

Puisque la machine stocke les nombres en base 2, un décalage vers la gauche équivaut à multiplier par 2 et un décalage vers la droite équivaut à diviser par 2 :

```
int i = 1;
i = i << 1 // i vaut 2
i = i << 3 // i vaut 16
i = i >> 2 // i vaut 4
```

7.10 Le transtypage (cast)

Il est parfois nécessaire de signifier que l'on désire passer d'un type vers un autre au moment de l'affectation. Java étant un langage fortement typé, il autorise par défaut uniquement les opérations de transtypage qui sont sûres. Par exemple : passer d'un entier à un entier long puisqu'il n'y aura de perte de données.

Si on le désire, il est possible de forcer un transtypage en indiquant explicitement le type attendu entre parenthèses :

```
int i = 1;
long l = i; // Ok
short s = (short) l; // cast obligatoire
```

L'opération doit avoir un sens. Par exemple, pour passer d'un type d'objet à un autre, il faut que les classes aient un lien d'héritage entre elles.

Prudence : Si Java impose de spécifier explicitement le transtypage dans certaines situations alors c'est qu'il s'agit de situations qui peuvent être problématiques (perte de données possible ou mauvais type d'objet). Il ne faut pas interpréter cela comme une limite du langage : il s'agit peut-être du symptôme d'une erreur de programmation ou d'une mauvaise conception.

Note : Le transtypage peut se faire également par un appel à la méthode Class.cast. Il s'agit d'une utilisation avancée du langage puisqu'elle fait intervenir la notion de réflexivité.

7.11 Opérateur et assignation

Il existe une forme compacte qui permet d'appliquer certains opérateurs et d'assigner le résultat directement à l'opérande de gauche.

Tableau 7 – Opérateurs avec assignation

Opérateur	Équivalent
+=	a = a + b
-=	a = a - b
***=**	a = a * b
/=	a = a / b
%=	a = a % b
&=	a = a & b
^=	a = a ^ b
|=	a = a | b
<<=	a = a << b
>>=	a = a >> b
>>>=	a = a >>> b

À votre avis

```
int i = 100;
i += 1;
i >>=1;
i /= 2;
i &= ~0;
i %= 20;
```

Quelle est la valeur de i ?

7.12 L'opérateur .

L'opérateur **.** permet d'accéder aux attributs et aux méthodes d'une classe ou d'un objet à partir d'une référence.

```
String s = "Hello the world";
int length = s.length();
System.out.println("La chaîne de caractères contient " + length  + " caractères");
```

Note : On a l'habitude d'utiliser l'opérateur **.** en plaçant à gauche une variable ou un appel de fonction. Cependant comme une chaîne de caractères est une instance de String, on peut aussi écrire :

```
int length = "Hello the world".length();
```

Lorsqu'on utilise la réflexivité en Java, on peut même utiliser le nom des types primitifs à gauche de l'opérateur **.** pour accéder à la classe associée :

```
String name = int.class.getName();
```

7.13 L'opérateur ,

L'opérateur virgule est utilisé comme séparateur des paramètres dans la définition et l'appel des méthodes. Il peut également être utilisé en tant qu'opérateur pour évaluer séquentiellement une instruction.

```
int x = 0, y = 1, z= 2;
```

Cependant, la plupart des développeurs Java préfèrent déclarer une variable par ligne et l'utilisation de l'opérateur virgule dans ce contexte est donc très rare.

CHAPITRE 8

Les structures de contrôle

Comme la plupart des langages impératifs, Java propose un ensemble de structures de contrôle.

8.1 if-else

L'expression **if** permet d'exécuter un bloc d'instructions uniquement si l'expression booléenne est évaluée à vrai :

```
if (i % 2 == 0) {
  // instructions à exécuter si i est pair
}
```

L'expression **if** peut être optionnellement suivie d'une expression **else** pour les cas où l'expression est évaluée à faux :

```
if (i % 2 == 0) {
  // instructions à exécuter si i est pair
} else {
  // instructions à exécuter si i est impair
}
```

L'expression **else** peut être suivie d'une nouvelle instruction **if** afin de réaliser des choix multiples :

```
if (i % 2 == 0) {
  // instructions à exécuter si i pair
} else if (i > 10) {
  // instructions à exécuter si i est impair et supérieur à 10
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
} else {
  // instructions à exécuter dans tous les autres cas
}
```

Note : Si le bloc d'instruction d'un **if** ne comporte qu'une seule instruction, alors les accolades peuvent être omises :

```
if (i % 2 == 0)
  i++;
```

Cependant, beaucoup de développeurs Java préfèrent utiliser systématiquement les accolades.

8.2 return

return est un mot clé permettant d'arrêter immédiatement le traitement d'une méthode et de retourner la valeur de l'expression spécifiée après ce mot-clé. Si la méthode ne retourne pas de valeur (**void**), alors on utilise le mot-clé **return** seul. L'exécution d'un **return** entraîne la fin d'une structure de contrôle.

```
if (i % 2 == 0) {
  return 0;
}
```

Écrire des instructions immédiatement après une instruction **return** n'a pas de sens puisqu'elles ne seront jamais exécutées. Le compilateur Java le signalera par une erreur *unreachable code*.

```
if (i % 2 == 0) {
  return 0;
  i++; // Erreur de compilation : unreachable code
}
```

8.3 while

L'expression *while* permet de définir un bloc d'instructions à répéter tant que l'expression booléenne est évaluée à vrai.

```
while (i % 2 == 0) {
  // instructions à exécuter tant que i est pair
}
```

L'expression booléenne est évaluée au départ et après chaque exécution du bloc d'instructions.

Note : Si le bloc d'instruction d'un **while** ne comporte qu'une seule instruction, alors les accolades peuvent être omises :

```
while (i % 2 == 0)
  // instruction à exécuter tant que i est pair
```

Cependant, beaucoup de développeurs Java préfèrent utiliser systématiquement les accolades.

8.4 do-while

Il existe une variante de la structure précédente, nommée **do-while** :

```
do {
  // instructions à exécuter
} while (i % 2 == 0);
```

Dans ce cas, le bloc d'instruction est exécuté une fois puis l'expression booléenne est évaluée. Cela signifie qu'avec un **do-while**, le bloc d'instruction est exécuté au moins une fois.

8.5 for

Une expression **for** permet de réaliser une itération. Elle commence par réaliser une initialisation puis évalue une expression booléenne. Tant que cette expression booléenne est évaluée à vrai, le bloc d'instructions est exécuté et un incrément est appelé.

```
for (initialisation; expression booléenne; incrément) {
  bloc d'instructions
}
```

```
for (int i = 0; i < 10; ++i) {
  // instructions
}
```

Note : il n'est pas possible d'omettre l'initialisation, l'expression booléenne ou l'incrément dans la déclaration d'une expression *for*. Par contre, il est possible de les laisser vide.

```
int i = 0;
for (; i < 10; ++i) {
  // instructions
}
```

Il est ainsi possible d'écrire une expression *for* sans condition de sortie, la fameuse boucle infinie :

```
for (;;) {
  // instructions à exécuter à l'infini
}
```

Note : Si le bloc d'instruction d'un **for** ne comporte qu'une seule instruction, alors les accolades peuvent être omises :

```
for (int i = 0; i < 10; ++i)
  // instruction à exécuter
```

Cependant, beaucoup de développeurs Java préfèrent utiliser systématiquement les accolades.

8.6 for amélioré

Il existe une forme améliorée de l'expression *for* (souvent appelée *for-each*) qui permet d'exprimer plus succinctement un parcours d'une collection d'éléments.

```
for (int i : maCollection) {
  // instructions à exécuter
}
```

Pour que cette expression compile, il faut que la variable désignant la collection à droite de **:** implémente le type Iterable ou qu'il s'agisse d'un tableau. Il faut également que la variable à gauche de **:** soit compatible pour l'assignation d'un élément de la collection.

```
short arrayOfShort[] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};

for (int k : arrayOfShort) {
  System.out.println(k);
}
```

8.7 break-continue

Pour les expressions **while**, **do-while**, **for** permettant de réaliser des itérations, il est possible de contrôler le comportement à l'intérieur de la boucle grâce aux mots-clés **break** et **continue**.

break quitte la boucle sans exécuter le reste des instructions.

```
int k = 10;
for (int i = 1 ; i < 10; ++i) {
  k *= i
  if (k > 200) {
    break;
  }
}
```

continue arrête l'exécution de l'itération actuelle et commence l'exécution de l'itération suivante.

```
for (int i = 1 ; i < 10; ++i) {
  if (i % 2 == 0) {
    continue;
  }
  System.out.println(i);
}
```

8.8 libellé

Il est possible de mettre un libellé avant une expression **for** ou **while**. La seule et unique raison d'utiliser un libellé est le cas d'une itération imbriquée dans une autre itération. Par défaut, **break** et **continue** n'agissent que sur le bloc d'itération dans lequel ils apparaissent. En utilisant un libellé, on peut arrêter ou continuer sur une itération de niveau supérieur :

```
int m = 0;

boucleDeCalcul:
for (int i = 0; i < 10; ++i) {
  for (int k = 0; k < 10; ++k) {
    m += i * k;
    if (m > 500) {
      break boucleDeCalcul;
    }
  }
}

System.out.println(m);
```

Dans l'exemple ci-dessus, *boucleDeCalcul* est un libellé qui permet de signifier que l'instruction **break** porte sur la boucle de plus haut niveau. Son exécution stoppera

donc l'itération des deux boucles et passera directement à l'affichage du résultat sur la sortie standard.

8.9 switch

Un expression **switch** permet d'effectuer une sélection parmi plusieurs valeurs.

```
switch (s) {
  case "valeur 1":
    // instructions
    break;
  case "valeur 2":
    // instructions
    break;
  case "valeur 3":
    // instructions
    break;
  default:
    // instructions
}
```

switch évalue l'expression entre parenthèses et la compare dans l'ordre avec les valeurs des lignes **case**. Si une est identique alors il commence à exécuter la ligne d'instruction qui suit. Attention, un **case** représente un point à partir duquel l'exécution du code commencera. Si on veut isoler chaque cas, il faut utiliser une instruction **break**. Au contraire, l'omission de l'instruction **break** peut être pratique si on veut effectuer le même traitement pour un ensemble de cas :

```
switch (c) {
  case 'a':
  case 'e':
  case 'i':
  case 'o':
  case 'u':
  case 'y':
    // instruction pour un voyelle
    break;
  default:
    // instructions pour une consonne
}
```

On peut ajouter une cas **default** qui servira de point d'exécution si aucun **case** ne correspond.

Note : Par convention, on place souvent le cas **default** à la fin. Cependant, il agit plus comme un libellé indiquant la ligne à laquelle doit commencer l'exécution du code. Il peut donc être placé n'importe où :

```
switch (c) {
  default:
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    // instructions pour une consonne
  case 'a':
  case 'e':
  case 'i':
  case 'o':
  case 'u':
  case 'y':
    // instructions pour les consonnes et les voyelles
}
```

Prudence : En Java, le type d'expression accepté par un **switch** est limité. Un **switch** ne compile que pour un type primitif, une énumération ou une chaîne de caractères.

CHAPITRE 9

Les tableaux

Les tableaux représentent des collections de valeurs ou d'objets. En Java, les tableaux sont eux-mêmes des objets. Donc une variable de type tableau peut avoir la valeur **null**. Une variable de type tableau se déclare en ajoutant des crochets à la suite du type :

```
int[] tableau;
```

Il est également possible de placer les crochets après le nom de la variable :

```
int tableau[];
```

9.1 Initialisation

Il est possible d'initialiser une variable de type tableau à partir d'une liste fixe délimitée par des accolades.

```
int[] tableauEntier = {1, 2, 3, 4, 5};
String[] tableauChaine = {"Bonjour", "le", "monde"};
```

9.2 Création avec new

Les tableaux étant des objets, il est également possible de les créer avec le mot-clé **new**.

```
int[] tableauEntier = new int[] {1, 2, 3, 4};
String[] tableauChaine = new String[] {"Bonjour", "le", "monde"};
```

Si on ne souhaite pas donner de valeurs d'initialisation pour les élements du tableau, il suffit d'indiquer uniquement le nombre d'éléments du tableau entre crochets.

```
int[] tableauEntier = new int[5];
String[] tableauChaine = new String[3];
```

Dans ce cas, les éléments d'un tableau sont tout de même initialisés avec une valeur par défaut (comme pour un attribut) :

Tableau 1 – Valeur par défaut d'un élément d'un tableau

Type	Valeur d'initialisation
boolean	false
char	'\0'
byte	0
short	0
int	0
long	0
float	0.0
double	0.0
référence d'objet	null

La taille du tableau peut être donnée par une constante, une expression ou une variable.

```
int t = 6;
int[] tableau = new int[t * t * 2];
```

Par contre, la taille d'un tableau est donné à sa création et ne peut plus être modifiée. Il n'est donc pas possible d'ajouter ou d'enlever des éléments à un tableau. Dans ce cas, il faut créer un nouveau tableau avec la taille voulue et copier le contenu du tableau d'origine vers le nouveau tableau.

Un tableau dispose de l'attribut **length** permettant de connaître sa taille. L'attribut **length** ne peut pas être modifié.

```
int t = 6;
int[] tableau = new int[t * t * 2];
System.out.println(tableau.length); // 72
```

Note : Il est tout à fait possible de créer un tableau vide, c'est-à-dire avec une taille de zéro.

```
int[] tableau = new int[0];
```

Par contre, donner une taille négative est autorisé par le compilateur mais aboutira à une erreur d'exécution avec une exception de type java.lang.NegativeArraySizeException.

9.3 Accès aux éléments d'un tableau

L'accès aux éléments d'un tableau se fait en donnant l'indice d'un élément entre crochets. Le premier élément d'un tableau a l'indice **0**. Le dernier élément d'un tableau a donc comme indice la taille du tableau moins un.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};

int premierElement = tableau[0];
int dernierElement = tableau[tableau.length - 1];

System.out.println(premierElement); // 1
System.out.println(dernierElement); // 5

for (int i = 0, j = tableau.length - 1; i < j; ++i, --j) {
  int tmp = tableau[j];
  tableau[j] = tableau[i];
  tableau[i] = tmp;
}
```

Comme le montre l'exemple précédent, il est bien sûr possible de parcourir un tableau à partir d'un indice que l'on fait varier à l'aide d'une boucle **for**. Mais il est également possible de parcourir tous les élements d'un tableau avec un **for** amélioré.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};

for (int v : tableau) {
  System.out.println(v);
}
```

L'utilisation d'un **for** amélioré est préférable lorsque cela est possible. Par contre, il n'est pas possible avec un **for** amélioré de connaître l'indice de l'élément courant.

Si le programme tente d'accéder à un indice de tableau trop grand (ou un indice négatif), une erreur de type java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException survient.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};
int value = tableau[1000]; // ERREUR À L'EXÉCUTION
```

9.4 Tableau multi-dimensionnel

Il est possible d'initialiser un tableau à plusieurs dimensions.

```
int[][] tableauDeuxDimensions = {{1, 2}, {3, 4}};

int[][][] tableauTroisDimensions = {{{1, 2}, {3, 4}}, {{5, 6}, {7, 8}}};

System.out.println(tableauDeuxDimensions[0][1]);
System.out.println(tableauTroisDimensions[0][1][0]);
```

Il est également possible de créer un tableau multi-dimensionnel avec le mot-clé **new**.

```
int[][] tableauDeuxDimensions = new int[2][10];
int[][][] tableauTroisDimensions = new int[2][10][5];
```

Il n'existe pas réellement de type tableau multi-dimensionnel. Le compilateur le traite comme un tableau de tableaux. Il est donc autorisé de déclarer des tableaux sans préciser les dimensions au delà de la première et d'affecter ensuite des tableaux à chaque valeur. Ces tableaux peuvent d'ailleurs avoir des tailles différentes.

```
int[][] tableauDeuxDimensions = new int[2][];

tableauDeuxDimensions[0] = new int[10];
tableauDeuxDimensions[1] = new int[5];
```

9.5 Conversion en chaîne de caractères

Si vous affichez un tableau sur la sortie standard, vous serez certainement surpris.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};
System.out.println(tableau);
```

La code précédent affichera sur la sortie standard quelque chose comme ceci :

```
[I@ee7d9f1
```

Cela peut sembler un bug mais il n'en est rien. En fait, la conversion d'un objet en chaîne de caractères affiche par défaut son type suivi du caractère @ suivi du code de hachage de l'objet. Normalement le type d'un objet correspond au nom de sa classe. Mais le type d'un tableau est noté **[** suivi du type des éléments du tableau (**I** indique le type primitif **int**).

Pour obtenir une chaîne de caractères donnant le contenu du tableau, il faut utiliser la classe outil java.util.Arrays qui contient des méthodes de classe **toString** adaptées pour les tableaux.

```java
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};
System.out.println(java.util.Arrays.toString(tableau));
```

Note : Pour les tableaux multi-dimensionnels, vous pouvez utiliser la méthode java.util.Arrays.deepToString(Object[]).

9.6 Égalité de deux tableaux

En Java, il n'est pas possible d'utiliser l'opérateur **==** pour comparer deux objets. En effet, cet opérateur compare la référence des variables. Cela signifie qu'il indique **true** uniquement si les deux variables référencent le même objet.

```java
int[] tableau1 = {1, 2, 3, 4, 5};
int[] tableau2 = {1, 2, 3, 4, 5};

System.out.println(tableau1 == tableau1); // true
System.out.println(tableau1 == tableau2); // false
```

Pour comparer deux objets, il faut utiliser la méthode **equals**. Les tableaux en Java disposent de la méthode **equals**, malheureusement, elle a exactement le même comportement que l'utilisation de l'opérateur **==**.

```java
int[] tableau1 = {1, 2, 3, 4, 5};
int[] tableau2 = {1, 2, 3, 4, 5};

System.out.println(tableau1.equals(tableau1)); // true
System.out.println(tableau1.equals(tableau2)); // false
```

La classe outil java.util.Arrays fournit des méthodes de classe **equals** pour comparer des tableaux en comparant un à un leurs éléments.

```java
int[] tableau1 = {1, 2, 3, 4, 5};
int[] tableau2 = {1, 2, 3, 4, 5};

System.out.println(java.util.Arrays.equals(tableau1, tableau1)); // true
System.out.println(java.util.Arrays.equals(tableau1, tableau2)); // true
```

Il est également possible de comparer des tableaux d'objets. Dans ce cas, la comparaison des élements se fait en appelant la méthode **equals** de chaque objet. La méthode **equals** possède la signature suivante :

```java
public boolean equals(Object obj) {
  // ...
}
```

Par exemple, la classe java.lang.String fournit une implémentation de la méthode **equals**. Il est donc possible de comparer des tableaux de chaînes de caractères.

```
String[] tableau1 = {"premier", "deuxième", "troisième", "quatrième"};
String[] tableau2 = {"premier", "deuxième", "troisième", "quatrième"};

System.out.println(java.util.Arrays.equals(tableau1, tableau2)); // true
```

Note : Pour les tableaux multi-dimensionnels, vous pouvez utiliser la méthode java.util.Arrays.deepEquals(Object[], Object[])

9.7 Tri & recherche

Le tri et la recherche sont des opérations courantes sur des tableaux de valeurs. La classe outil java.util.Arrays offrent un ensemble de méthodes de classe pour nous aider dans ces opérations.

Tout d'abord, java.util.Arrays fournit plusieurs méthodes **sort**. Celles prenant un tableau de primitives en paramètre trient selon l'ordre naturel des éléments.

```
int[] tableau = {1, 5, 4, 3, 2};
java.util.Arrays.sort(tableau);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(tableau));
```

Il est également possible de trier certains tableaux d'objets. Par exemple, il est possible de trier des tableaux de chaînes de caractères.

```
String[] tableau = {"premier", "deuxième", "troisième", "quatrième"};
java.util.Arrays.sort(tableau);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(tableau));
```

Note : La méthode java.util.Arrays.sort(Object[]) permet de trier des tableaux d'objets dont la classe implémente l'interface java.lang.Comparable.

---

java.util.Arrays fournit des méthodes **binarySearch** qui implémentent l'algorithme de recherche binaire. Ces méthodes attendent comme paramètres un tableau et une valeur compatible avec le type des éléments du tableau. Ces méthodes retournent l'index de la valeur trouvée. Si la valeur n'est pas dans le tableau, alors ces méthodes retournent un nombre négatif. La valeur absolue de ce nombre correspond à l'index auquel la valeur aurait dû se trouver plus un.

```
int[] tableau = {10, 20, 30, 40, 50};
System.out.println(java.util.Arrays.binarySearch(tableau, 20)); // 1
System.out.println(java.util.Arrays.binarySearch(tableau, 45)); // -5
```

Avertissement : L'algorithme de recherche binaire ne fonctionne correctement que pour un tableau trié.

9.8 Copie d'un tableau

Comme il n'est pas possible de modifier la taille d'un tableau, la copie peut s'avérer une opération utile. java.util.Arrays fournit des méthodes de classe *copyOf* et *copyOfRange* pour réaliser des copies de tableaux.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};

int[] nouveauTableau = java.util.Arrays.copyOf(tableau, tableau.length - 1);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(nouveauTableau)); // [1, 2, 3, 4]

nouveauTableau = java.util.Arrays.copyOf(tableau, tableau.length + 1);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(nouveauTableau)); // [1, 2, 3, 4, 5, 0]

nouveauTableau = java.util.Arrays.copyOfRange(tableau, 2, tableau.length);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(nouveauTableau)); // [3, 4, 5]

nouveauTableau = java.util.Arrays.copyOfRange(tableau, 2, 3);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(nouveauTableau)); // [3]
```

Pour réaliser une copie, il existe également la méthode java.lang.System.arraycopy. Contrairement aux précédentes, cette méthode ne crée pas de nouveau tableau, elle copie d'un tableau existant vers un autre tableau existant.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4, 5};
int[] destination = new int[3];

/* Les paramètres attendus sont :
 * - le tableau source
 * - l'index de départ dans le tableau source
 * - le tableau destination
 * - l'index de départ dans le tableau destination
 * - le nombre d'éléments à copier
 */
System.arraycopy(tableau, 1, destination, 0, destination.length);
System.out.println(java.util.Arrays.toString(destination)); // [2, 3, 4]
```

9.9 Typage d'un tableau

Un tableau est un objet. Cela implique qu'il respecte les règles de typage du langage. Ainsi on ne peut mettre dans un tableau que des valeurs qui peuvent être affectées au type des éléments

```
String[] tableau = new String[10];
tableau[9] = "Bonjour"; // OK
tableau[8] = new Voiture(); // ERREUR DE COMPILATION
```

De plus, les tableaux peuvent être affectés à des variables dont le type correspond à un tableau d'éléments de type parent.

```
Integer[] tableau = {1, 2, 3, 4};
Number[] tableauNumber = tableau;
```

Pour l'exemple précédent, il faut se rappeler la classe enveloppe java.lang.Integer hérite de la classe java.lang.Number. Cependant, un tableau conserve son type d'origine : si on affecte une valeur dans un tableau, elle doit non seulement être compatible avec le type de la variable (pour passer la compilation) mais aussi être compatible avec le type de tableau à l'exécution. Si cette dernière condition n'est pas remplie, on obtiendra une erreur de type java.lang.ArrayStoreException au moment de l'exécution.

```
Integer[] tableau = {1};
Number[] tableauNumber = tableau;
tableauNumber[0] = Float.valueOf(2.3f); // ERREUR À L'EXÉCUTION
```

9.10 Conversion d'un tableau en liste

La plupart des API Java utilisent des *collections* plutôt que des tableaux. Pour transformer un tableau d'objets en liste, on utilise la méthode java.util.Arrays.asList. La liste obtenue possède une taille fixe. Par contre le contenu de la liste est modifiable, et toute modification des éléments de cette liste sera répercutée sur le tableau.

```
String[] tableau = {"Bonjour", "le", "monde"};
java.util.List<String> liste = java.util.Arrays.asList(tableau);

liste.set(0, "Hello");
liste.set(1, "the");
liste.set(2, "world");

// Le tableau a été modifié à travers la liste
System.out.println(java.util.Arrays.toString(tableau)); // [Hello, the, world]
```

CHAPITRE 10

Attributs & méthodes

Dans ce chapitre, nous allons revenir sur la déclaration d'une classe en Java et détailler les notions d'attributs et de méthodes.

10.1 Les attributs

Les attributs représentent l'état interne d'un objet. Nous avons vu précédemment qu'un attribut a une portée, un type et un identifiant. Il est déclaré de la façon suivante dans le corps de la classe :

```
[portée] [type] [identifiant];
```

```
public class Voiture {

  public String marque;
  public float vitesse;

}
```

La classe ci-dessus ne contient que des attributs, elle s'apparente à une simple structure de données. Il est possible de créer une instance de cette classe avec l'opérateur **new** et d'accéder aux attributs de l'objet créé avec l'opérateur **.** :

```
Voiture v = new Voiture();
v.marque = "DeLorean";
v.vitesse = 88.0f;
```

10.1.1 La portée

Jusqu'à présent, nous avons vu qu'il existe deux portées différentes : **public** et **private**. Java est un langage qui supporte l'encapsulation de données. Cela signifie que lorsque nous créons une classe nous avons le choix de laisser accessible ou non les attributs et les méthodes au reste du programme.

Pour l'instant nous distinguerons les portées :

public Signale que l'attribut est visible de n'importe quelle partie de l'application.

private Signale que l'attribut n'est accessible que par l'objet lui-même ou par un objet du même type. Donc seules les méthodes de la classe déclarant cet attribut peuvent accéder à cet attribut.

Lorsque nous parlerons de l'encapsulation et du principe du *ouvert/fermé*, nous verrons qu'il est très souvent préférable qu'un attribut ait une portée *private*.

10.1.2 L'initialisation

En Java, on peut indiquer la valeur d'initialisation d'un attribut pour chaque nouvel objet.

```
public class Voiture {

  public String marque = "DeLorean";
  public float vitesse = 88.0f;

}
```

En fait, un attribut possède nécessairement une valeur par défaut qui dépend de son type :

Tableau 1 – Initialisation par défaut des attributs

Type	Valeur par défaut
boolean	false
char	'\0'
byte	0
short	0
int	0
long	0
float	0.0
double	0.0
référence d'objet	null

Donc, écrire ceci :

```java
public class Voiture {

  public String marque;
  public float vitesse;

}
```

ou ceci

```java
public class Voiture {

  public String marque = null;
  public float vitesse = 0.0f;

}
```

est strictement identique en Java.

10.1.3 attributs finaux

Un attribut peut être déclaré comme **final**. Cela signifie qu'il n'est plus possible d'affecter une valeur à cet attribut une fois qu'il a été initialisé. Dans cas, le compilateur exige que l'attribut soit initialisé *explicitement*.

```java
public class Voiture {

  public String marque;
  public float vitesse;
  public final int nombreDeRoues = 4;

}
```

L'attribut *Voiture.nombreDeRoues* sera initialisé avec la valeur 4 pour chaque instance et ne pourra plus être modifié.

```java
Voiture v = new Voiture();
v.nombreDeRoues = 5; // ERREUR DE COMPILATION
```

Prudence : final porte sur l'attribut et empêche sa modification. Par contre si l'attribut est du type d'un objet, il est possible de modifier l'état de cet objet.

Pour une application d'un concessionnaire automobile, nous pouvons créer un objet *Facture* qui contient un attribut de type *Voiture* et le déclarer **final**.

```java
public class Facture {

  public final Voiture voiture = new Voiture();

}
```

Sur une instance de *Facture*, on ne pourra plus modifier la référence de l'attribut *voiture* par contre, on pourra toujours modifier les attributs de l'objet référencé

```
Facture facture = new Facture();
facture.voiture.marque = "DeLorean"; // OK
facture.voiture = new Voiture() // ERREUR DE COMPILATION
```

10.1.4 Attributs de classe

Jusqu'à présent, nous avons vu comment déclarer des attributs d'objet. C'est-à-dire que chaque instance d'une classe aura ses propres attributs avec ses propres valeurs représentant l'état interne de l'objet et qui peuvent évoluer au fur et à mesure de l'exécution de l'application.

Mais il est également possible de créer des *attributs de classe*. La valeur de ces attributs est partagée par l'ensemble des instances de cette classe. Cela signifie que si on modifie la valeur d'un attribut de classe dans un objet, la modification sera visible dans les autres objets. Cela signifie également que cet attribut existe au niveau de la classe et est donc accessible même si on ne crée aucune instance de cette classe.

Pour déclarer un attribut de classe, on utilise le mot-clé **static**.

```
public class Voiture {

  public static int nombreDeRoues = 4;
  public String marque;
  public float vitesse;

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, l'attribut *nombreDeRoues* est maintenant un attribut de classe. C'est une façon de suggérer que toutes les voitures de notre application ont le même nombre de roues. Cette caractéristique appartient donc à la classe plutôt qu'à chacune de ses instances. Il est donc possible d'accéder directement à cet attribut depuis la classe :

```
System.out.println(Voiture.nombreDeRoues);
```

Notez que dans l'exemple précédent, out est également un attribut de la classe System. Si vous vous rendez sur la documentation de cette classe, vous constaterez que out est déclaré comme **static** dans cette classe. Il s'agit d'une autre utilisation des attributs de classe : lorsqu'il n'existe qu'une seule instance d'un objet pour toute une application, cette instance est généralement accessible grâce à un attribut **static**. C'est une des façons d'implémenter le design pattern singleton en Java. Dans notre exemple, out est l'objet qui représente la sortie standard de notre application. Cet objet est unique pour toute l'application et nous n'avons pas à le créer car il existe dès le lancement.

Si le programme modifie un attribut de classe, alors la modification est visible depuis toutes les instances :

```
Voiture v1 = new Voiture();
Voiture v2 = new Voiture();

System.out.println(v1.nombreDeRoues); // 4
System.out.println(v2.nombreDeRoues); // 4

// modification d'un attribut de classe
v1.nombreDeRoues = 5;

Voiture v3 = new Voiture();

System.out.println(v1.nombreDeRoues); // 5
System.out.println(v2.nombreDeRoues); // 5
System.out.println(v3.nombreDeRoues); // 5
```

Le code ci-dessus, même s'il est parfaitement correct, peut engendrer des difficultés de compréhension. Si on ne sait pas que *nombreDeRoues* est un attribut de classe, on peut le modifier en pensant que cela n'aura pas d'impact sur les autres instances. C'est notamment pour cela que Eclipse émet un avertissement si on accède ou si on modifie un attribut de classe à travers un objet. Même si l'effet est identique, il est plus lisible d'accéder à un tel attribut à travers le nom de la classe uniquement :

```
System.out.println(Voiture.nombreDeRoues); // 4

Voiture.nombreDeRoues = 5;

System.out.println(Voiture.nombreDeRoues); // 5
```

10.1.5 Attributs de classe finaux

Il n'existe pas de mot-clé pour déclarer une constante en Java. Même si **const** est un mot-clé, il n'a aucune signification dans le langage. On utilise donc la combinaison des mots-clés **static** et **final** pour déclarer une constante. Par convention, pour les distinguer des autres attributs, on écrit leur nom en majuscules et les mots sont séparés par _.

```
public class Voiture {

  public static final int NOMBRE_DE_ROUES = 4;
  public String marque;
  public float vitesse;

}
```

Prudence : Rappelez-vous que si l'attribut référence un objet, **final** n'empêche pas d'appeler des méthodes qui vont modifier l'état interne de l'objet. On ne peut

vraiment parler de constantes que pour les attributs de type primitif.

10.2 Les méthodes

Les méthodes permettent de définir le comportement des objets. nous avons vu précédemment qu'une méthode est définie pas sa **signature** qui spécifie sa portée, son type de retour, son nom et ses paramètres entre parenthèses. La signature est suivie d'un bloc de code que l'on appelle le **corps** de méthode.

```
[portée] [type de retour] [identifiant] ([liste des paramètres]) {
  [code]
}
```

Dans ce corps de méthode, il est possible d'avoir accès au attribut de l'objet. Si la méthode modifie la valeur des attributs de l'objet, elle a un *effet de bord* qui change l'état interne de l'objet. C'est le cas dans l'exemple ci-dessous pour la méthode *accelerer* :

```
public class Voiture {

  private float vitesse;

  /**
   * @return La vitesse en km/h de la voiture
   */
  public float getVitesse() {
    return vitesse;
  }

  /**
   * Pour accélérer la voiture
   * @param deltaVitesse Le vitesse supplémentaire
   */
  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    vitesse = vitesse + deltaVitesse;
  }
}
```

Il est possible de créer une instance de la classe ci-dessus avec l'opérateur **new** et d'exécuter les méthodes de l'objet créé avec l'opérateur **.** :

```
Voiture v = new Voiture();
v.accelerer(88.0f);
```

10.2.1 La portée

Comme pour les attributs, les méthodes ont une portée, c'est-à-dire que le développeur de la classe peut décider si une méthode est accessible ou non au reste du

programme. Pour l'instant, nous distinguons les portées :

public Signale que la méthode est appelable de n'importe quelle partie de l'application. Les méthodes publiques définissent le contrat de la classe, c'est-à-dire les opérations qui peuvent être demandées par son environnement.

private Signale que la méthode n'est appelable que par l'objet lui-même ou par un objet du même type. Les méthode privées sont des méthodes utilitaires pour un objet. Elles sont créées pour mutualiser du code ou pour simplifier un algorithme en le fractionnant en un ou plusieurs appels de méthodes.

10.2.2 La valeur de retour

Une méthode peut avoir au plus un type de retour. Le compilateur signalera une erreur s'il existe un chemin d'exécution dans la méthode qui ne renvoie pas le bon type de valeur en retour. Pour retourner une valeur, on utilise le mot-clé **return**. Si le type de retour est un objet, la méthode peut toujours retourner la valeur spéciale **null**, c'est-à-dire l'absence d'objet. Une méthode qui ne retourne aucune valeur, le signale avec le mot-clé **void**.

```
public class Voiture {

  private String marque;
  private float vitesse;

  public float getVitesse() {
    return vitesse;
  }

  public void setMarque(String nouvelleMarque) {
    if (nouvelleMarque == null) {
      return;
    }
    marque = nouvelleMarque;
  }

}
```

10.2.3 Les paramètres

Un méthode peut éventuellement avoir des paramètres (ou arguments). Chaque paramètre est défini par son type et par son nom.

```
public class Voiture {

  public float getVitesse() {
    // implémentation ici
  }

  public void setVitesse(float deltaVitesse) {
    // implémentation ici
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

  public void remplirReservoir(float quantite, TypeEssence typeEssence) {
    // implémentation ici
  }

}
```

Il est également possible de créer une méthode avec un nombre variable de paramètres (*varargs parameter*). On le signale avec trois points après le type du paramètre.

```
public class Calculatrice {

  public int additionner(int... valeurs) {
    int resultat = 0;
    for (int valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }
}
```

Le paramètre variable est vu comme un tableau dans le corps de la méthode. Par contre, il s'agit bien d'une liste de paramètre au moment de l'appel :

```
Calculatrice calculatrice = new Calculatrice();

System.out.println(calculatrice.additionner(1)); // 1
System.out.println(calculatrice.additionner(1, 2, 3)); // 6
System.out.println(calculatrice.additionner(1, 2, 3, 4)); // 10
```

L'utilisation d'un paramètre variable obéit à certaines règles :

1) Le paramètre variable doit être le dernier paramètre
2) Il n'est pas possible de déclarer un paramètre variable acceptant plusieurs types

Au moment de l'appel, le paramètre variable peut être omis. Dans ce cas le tableau passé au corps de la méthode est un tableau vide. Un paramètre variable est donc également optionnel.

```
Calculatrice calculatrice = new Calculatrice();

System.out.println(calculatrice.additionner()); // 0
```

Il est possible d'utiliser un tableau pour passer des valeurs à un paramètre variable. Cela permet notamment d'utiliser un paramètre variable dans le corps d'une méthode comme paramètre variable à l'appel d'une autre méthode.

```
Calculatrice calculatrice = new Calculatrice();

int[] valeurs = {1, 2, 3};
System.out.println(calculatrice.additionner(valeurs)); // 6
```

Pour l'exemple de la calculatrice, il peut sembler *naturel* d'obliger à passer au moins deux paramètres à la méthode *additionner*. Dans ce cas, il faut créer une méthode à trois paramètres :

```
public class Calculatrice {

  public int additionner(int valeur1, int valeur2, int... valeurs) {
    int resultat = valeur1 + valeur2;
    for (int valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }
}
```

10.2.4 Paramètre final

Un paramètre peut être déclaré **final**. Cela signifie qu'il n'est pas possible d'assigner une nouvelle valeur à ce paramètre.

```
public class Voiture {

  public void accelerer(final float deltaVitesse) {
    deltaVitesse = 0.0f; // ERREUR DE COMPILATION

    // ...
  }
}
```

Rappelez-vous que **final** ne signifie pas réellement constant. En effet si le type d'un paramètre **final** est un objet, la méthode pourra tout de même appeler des méthodes sur cet objet qui modifient son état interne.

Note : Java n'autorise que le passage de paramètre par copie. Assigner une nouvelle valeur à un paramètre n'a donc un impact que dans les limites de la méthode. Cette pratique est généralement considérée comme mauvaise car cela peut rendre la compréhension du code de la méthode plus difficile. **final** est donc un moyen de nous aider à vérifier au moment de la compilation que nous n'assignons pas par erreur une nouvelle valeur à un paramètre. Cet usage reste tout de même très limité. Nous reviendrons plus tard sur l'intérêt principal de déclarer un paramètre **final** : la déclaration de classes anonymes.

10.2.5 Les variables

Il est possible de déclarer des variables où l'on souhaite dans une méthode. Par contre, contrairement aux attributs, les variables de méthode n'ont pas de valeur par défaut. Cela signifie qu'il est obligatoire d'initialiser les variables. Il n'est pas nécessaire de les initialiser dès la déclaration, par contre, elles doivent être initialisées avant d'être lues.

10.2.6 Méthodes de classe

Les méthodes définissent un comportement d'un objet et peuvent accéder aux attributs de l'instance. À l'instar des attributs, il est également possible de déclarer des *méthodes de classe*. Une méthode de classe ne peut pas accéder aux attributs d'un objet mais elle peut toujours accéder aux éventuels attributs de classe.

Pour déclarer une méthode de classe, on utilise le mot clé **static**.

```
public class Calculatrice {

  public static int additionner(int... valeurs) {
    int resultat = 0;
    for (int valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }
}
```

Comme pour l'exemple précédent, les méthodes de classe sont souvent des méthodes utilitaires qui peuvent s'exécuter sans nécessiter le contexte d'un objet. Dans un autre langage de programmation, il s'agirait de simples fonctions.

Les méthodes de classe peuvent être invoquées directement à partir de la classe. Donc il n'est pas nécessaire de créer une instance.

```
int resultat = Calculatrice.additionner(1, 2, 3, 4);
```

Note : Certaines classes de l'API Java ne contiennent que des méthodes de classe. On parle de classes utilitaires ou de classes outils puisqu'elles s'apparentent à une collection de fonctions. Parmi les plus utilisées, on trouve les classes java.lang.Math, java.lang.System, java.util.Arrays et java.util.Collections.

Il est tout à fait possible d'invoquer une méthode de classe à travers une variable pointant sur une instance de cette classe :

```
Calculatrice c = new Calculatrice();
int resultat = c.additionner(1, 2, 3, 4);
```

Cependant, cela peut engendrer des difficultés de compréhension puisque l'on peut penser, à tord, que la méthode *additionner* peut avoir un effet sur l'objet. C'est notamment pour cela que Eclipse émet un avertissement si on invoque une méthode de classe à travers un objet. Même si l'effet est identique, il est plus lisible d'invoquer une méthode de classe à partir de la classe elle-même.

La méthode de classe la plus célèbre en Java est sans doute **main**. Elle permet de définir le point d'entrée d'une application dans une classe :

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

Les paramètres *args* correspondent aux paramètres passés en ligne de commande au programme **java** après le nom de la classe :

```
$ java MaClasse arg1 arg2 arg3
```

10.3 Surcharge de méthode : overloading

Il est possible de déclarer dans une classe plusieurs méthodes ayant le même nom. Ces méthodes doivent obligatoirement avoir des paramètres différents (le type et/ou le nombre). Il est également possible de déclarer des types de retour différents pour ces méthodes. On parle de surcharge de méthode (**method overloading**). La surcharge de méthode n'a réellement de sens que si les méthodes portant le même nom ont un comportement que l'utilisateur de la classe jugera proche. Java permet également la surcharge de méthode de classe.

```
public class Calculatrice {

  public static int additionner(int... valeurs) {
    int resultat = 0;
    for (int valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }

  public static float additionner(float... valeurs) {
    float resultat = 0;
    for (float valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }
}
```

Dans l'exemple ci-dessus, la surcharge de méthode permet supporter l'addition pour le type entier et pour le type à virgule flottante. Selon le type de paramètre passé à l'appel, le compilateur déterminera laquelle des deux méthodes doit être appelée.

```
int resultatEntier = Calculatrice.additionner(1,2,3);
float resultat = Calculatrice.additionner(1f,2.3f);
```

Prudence : N'utilisez pas la surcharge de méthode pour implémenter des méthodes qui ont des comportements trop différents. Cela rendra vos objets difficiles à comprendre et donc à utiliser.

Si on surcharge une méthode avec un paramètre variable, cela peut créer une ambiguïté de choix. Par exemple :

```
public class Calculatrice {

  public static int additionner(int v1, int v2) {
    return v1 + v2;
  }

  public static int additionner(int... valeurs) {
    int resultat = 0;
    for (int valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }

}
```

Si on fait appel à la méthode *additionner* de cette façon :

```
Calculatrice.additionner(2, 2);
```

Alors les deux méthodes *additionner* peuvent satisfaire cet appel. La règle appliquée par le compilateur est de chercher d'abord une correspondance parmi les méthodes qui n'ont pas de paramètre variable. Donc pour notre exemple ci-dessus, la méthode *additionner(int, int)* sera forcément choisie par le compilateur.

10.4 Portée des noms et this

Lorsqu'on déclare un identifiant, qu'il s'agisse du nom d'une classe, d'un attribut, d'un paramètre, d'une variable..., il se pose toujours la question de sa portée : dans quel contexte ce nom sera-t-il compris par le compilateur ?

Pour les paramètres et les variables, la portée de leur nom est limitée à la méthode qui les déclare. Cela signifie que vous pouvez réutiliser les mêmes noms de paramètres et de variables dans deux méthodes différentes pour désigner des choses différentes.

Plus précisément, le nom d'une variable est limité au bloc de code (délimité par des accolades) dans lequel il a été déclaré. En dehors de ce bloc, le nom est inaccessible.

```java
public int doSomething(int valeurMax) {
  int resultat = 0;

  // la variable i n'est accessible que dans la boucle for
  for (int i = 0; i < 10; ++i) {

    // la variable k n'est accessible que dans la boucle for
    for (int k = 0; k < 10; ++k) {
      // la variable m n'est accessible que dans ce bloc
      int m = resultat + i * k;
      if (m > valeurMax) {
        return valeurMax;
      }
      resultat = m;
    }
  }
  return resultat;
}
```

En Java, le masquage de nom de variable ou de nom de paramètre est interdit. Cela signifie qu'il est impossible de déclarer une variable ayant le même nom qu'un paramètre ou qu'une autre variable accessible dans le bloc de code courant.

```java
public int doSomething(int valeurMax) {
  int valeurMax = 2; // ERREUR DE COMPILATION
}
```

```java
public int doSomething(int valeurMax) {
  int resultat = 0;
  for (int i = 0; i < 10; ++i) {
    resultat += i;
    if (resultat > 10) {
      int resultat = -1; // ERREUR DE COMPILATION
      return resultat;
    }
  }
  return resultat;
}
```

Par contre, il est tout à fait possible de réutiliser un nom de variable dans deux blocs de code successifs. Cette pratique n'est vraiment utile que pour les variables temporaires (comme pour une boucle **for** contrôlée par un index). Sinon, cela gène généralement la lecture.

```java
public void doSomething(int valeurMin, int valeurMax) {
  for (int i = 0; i < valeurMax; ++i) {
    // implémentation
  }

  // on peut réutiliser le nom de variable i car il est déclaré
  // dans deux blocs for différents
  for (int i = 0; i < valeurMin; --i) {
    // implémentation
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }
}
```

En Java, le masquage du nom d'un attribut par un paramètre ou une variable est autorisé car les attributs sont toujours accessibles à travers le mot-clé **this**.

```
public class Voiture {
  private String marque;

  public void setMarque(String marque) {
    this.marque = marque;
  }
}
```

this désigne l'instance courante de l'objet dans une méthode. On peut l'envisager comme une variable implicite accessible à un objet pour le désigner lui-même. Avec **this**, on peut accéder aux attributs et aux méthodes de l'objet. Il est même possible de retourner la valeur **this** ou la passer en paramètre pour indiquer une référence de l'objet courant :

```
public class Voiture {
  private float vitesse;

  public Voiture getPlusRapide(Voiture voiture) {
    return this.vitesse >= voiture.vitesse ? this : voiture;
  }
}
```

S'il n'y a pas d'ambiguïté de nom, l'utilisation du mot-clé **this** est inutile. Cependant, certains développeurs préfèrent l'utiliser systématiquement pour indiquer explicitement l'accès à un attribut.

Prudence : this désignant l'objet courant, ce mot-clé n'est pas disponible dans une méthode de classe (méthode **static**). Pour résoudre le problème du masquage des attributs de classe dans ces méthodes, il suffit d'accéder au nom à travers le nom de la classe.

10.5 Principe d'encapsulation

Un objet est constitué d'un état interne (l'ensemble de ses attributs) et d'une liste d'opérations disponibles pour ses clients (l'ensemble de ses méthodes publiques). En programmation objet, il est important que les clients d'un objet en connaissent le moins possible sur son état interne. Nous verrons plus tard avec les mécanismes d'héritage et d'interface qu'un client demande des services à un objet sans même parfois connaître le type exact de l'objet. La programmation objet introduit un niveau

d'abstraction important et cette abstraction devient un atout pour la réutilisation et l'évolutivité.

Prenons l'exemple d'une classe permettant d'effectuer une connexion FTP et de récupérer un fichier distant. Les clients d'une telle classe n'ont sans doute aucun intérêt à comprendre les mécanismes compliqués du protocole FTP. Ils veulent simplement qu'on leur rende un service. Notre classe FTP pourrait très grossièrement ressembler à ceci :

```
public class ClientFtp {

  /**
  * @param uri l'adresse FTP du fichier
  *            par exemple ftp://monserveur/monfichier.txt
  * @return le fichier sous la forme d'un tableau d'octets
  */
  public byte[] getFile(String uri) {
    // implémentation
  }

}
```

Cette classe a peut-être des attributs pour connaître l'état du réseau et maintenir des connexions ouvertes vers des serveurs pour améliorer les performances. Mais tout ceci n'est pas de la responsabilité du client de cette classe qui veut simplement récupérer un ficher. Il est donc intéressant de cacher aux clients l'état interne de l'objet pour assurer un *couplage faible de l'implémentation*. Ainsi, si les développeurs de la classe *ClientFtp* veulent modifier son implémentation, ils doivent juste s'assurer que les méthodes publiques fonctionneront toujours comme attendues par les clients.

En programmation objet, le principe d'encapsulation nous incite à contrôler et limiter l'accès au contenu de nos classes au strict nécessaire afin de permettre le couplage le plus faible possible. L'encapsulation en Java est permise grâce à la portée **private**.

On considère que tous les attributs d'une classe **doivent** être déclarés **private** afin de satisfaire le principe d'encapsulation.

Cependant, il est parfois utile pour le client d'une classe d'avoir accès à une information qui correspond à un attribut de l'état interne de l'objet. Plutôt que de déclarer cet attribut **public**, il existe en Java des méthodes dont la signature est facilement identifiable et que l'on nomme **getters** et **setters** (les accesseurs). Ces méthodes permettent d'accéder aux **propriétés** d'un objet ou d'une classe.

getter Permet l'accès en lecture à une propriété. La signature de la méthode se présente sous la forme :

```
public type getNomPropriete() {
  // ...
}
```

Pour un type booléen, on peut aussi écrire :

```
public boolean isNomPropriete() {
  // ...
}
```

setter Permet l'accès en écriture à une propriété. La signature de la méthode se présente sous la forme :

```
public void setNomPropriete(type nouvelleValeur) {
  // ...
}
```

Ce qui donnera pour notre classe *Voiture* :

```
public class Voiture {

  // La vitesse en km/h
  private float vitesse;

  /**
  * @return La vitesse en km/h
  */
  public float getVitesse() {
    return vitesse;
  }

  /**
  * @param vitesse La vitesse en km/h
  */
  public void setVitesse(float vitesse) {
    this.vitesse = vitesse;
  }

}
```

Les *getters/setters* introduisent une abstraction supplémentaire : la **propriété**. Une propriété peut correspondre à un attribut ou à une expression. Du point de vue du client de la classe, cela n'a pas d'importance. Dans l'exemple ci-dessus, les développeurs de la classe *Voiture* peuvent très bien décider que l'état interne de la vitesse sera exprimé en mètres par seconde. Il devient possible de conserver la cohérence de notre classe en effectuant les conversions nécessaires pour passer de la propriété en km/s à l'attribut en m/s et inversement.

```
public class Voiture {

  // vitesse en m/s
  private float vitesse;

  private static float convertirEnMetresSeconde(float valeur) {
    return valeur * 1000f / 3600f;
  }

  private static float convertirEnKilometresHeure(float valeur) {
    return valeur / 1000f * 3600f;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

  /**
  * @return La vitesse en km/h
  */
  public float getVitesse() {
    return convertirEnKilometresHeure(vitesse);
  }

  /**
  * @param vitesse La vitesse en km/h
  */
  public void setVitesse(float vitesse) {
    this.vitesse = convertirEnMetresSeconde(vitesse);
  }

}
```

Avec les *getters/setters*, il est également possible de contrôler si une propriété est consultable et/ou modifiable. Si une propriété n'est pas consultable, il ne faut pas déclarer de *getter* pour cette propriété. Si une propriété n'est pas modifiable, il ne faut pas déclarer de *setter* pour cette propriété.

Astuce : Les *getters/setters* sont très utilisés en Java mais leur écriture peut être fastidieuse. Les IDE comme Eclipse introduisent un système de génération automatique. Dans Eclipse, faites un clic droit dans votre fichier de classe et choisissez *Source > Generate Getters and Setters...*

CHAPITRE 11

Cycle de vie d'un objet

Ce chapitre détaille la création d'un objet et son cycle de vie. Nous aborderons notamment les constructeurs et les mécanismes de gestion de la mémoire de la JVM.

11.1 Le constructeur

Il est possible de déclarer des méthodes particulières dans une classe que l'on nomme **constructeurs**. Un constructeur a pour objectif d'initialiser un objet nouvellement créé afin de garantir qu'il est dans un état cohérent avant d'être utilisé.

Un constructeur a la signature suivante :

```
[portée] [nom de la classe]([paramètres]) {

}
```

Un constructeur se distingue d'une méthode car il n'a jamais de type de retour (pas même **void**). De plus un constructeur a obligatoirement **le même nom que la classe**.

```
public class Voiture {

  public Voiture() {
    // Le constructeur
  }

}
```

Lorsqu'une voiture est créée par l'application avec l'opérateur **new** comme avec l'instruction suivante :

```
Voiture voiture = new Voiture();
```

Alors, la JVM crée l'espace mémoire nécessaire pour le nouvel objet de type *Voiture*, puis elle appelle le constructeur et enfin elle assigne la référence de l'objet à la variable *voiture*. Donc le constructeur permet de réaliser une initialisation complète de l'objet selon les besoins des développeurs.

11.1.1 Paramètres de constructeur

Comme les méthodes, les constructeurs peuvent accepter des paramètres et comme les méthodes, les constructeurs supportent la surcharge (*overloading*). Une classe peut ainsi déclarer plusieurs constructeurs à condition que la liste des paramètres diffère par le nombre et/ou le type.

```
public class Voiture {

  private String marque;
  private float vitesse;

  public Voiture(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public Voiture(String marque, float vitesseInitiale) {
    this.marque = marque;
    this.vitesse = vitesseInitiale;
  }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, la classe *Voiture* déclare deux constructeurs avec des paramètres différents. Il est maintenant nécessaire de passer des paramètres au moment de la création d'une instance de cette classe. Pour cet exemple, on voit que le constructeur permet de forcer la création d'une instance de *Voiture* en fournissant au moins sa marque.

```
Voiture voiture = new Voiture("DeLorean");
Voiture voiture2 = new Voiture("DeLorean", 88.0f);
```

11.1.2 Valeur par défaut des attributs

Nous avons vu précédemment que les attributs d'une classe peuvent être initialisés explicitement à la déclaration. Dans le cas contraire, ils sont initialisés avec une valeur par défaut. Java garantit que cette initialisation a lieu avant l'appel au constructeur.

```java
public class Vehicule {

  private String marque;
  private int nbRoues = 4;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
    // la vitesse vaudra 0 et nbRoues vaudra 4
  }

  public Vehicule(String marque, int nbRoues) {
    this.marque = marque;
    // On ne peut créer que des véhicules avec au plus 4 roues
    if (nbRoues < this.nbRoues) {
      this.nbRoues = nbRoues;
    }
    // la vitesse vaudra 0
  }

}
```

Les attributs déclarés **final** sont traités un peu différemment. Ces attributs doivent être obligatoirement et explicitement initialisés avant la fin de la création de l'objet. Donc, il est possible de les initialiser dans le constructeur. Par contre, le compilateur génèrera une erreur si :

- un constructeur tente d'accéder à un attribut **final** qui n'a pas encore été initialisé
- un constructeur se termine sans avoir initialisé explicitement tous les attributs **final**
- un constructeur tente d'affecter une valeur à un attribut **final** qui a déjà été initialisé au moment de sa déclaration.

```java
public class Vehicule {

  private static final int DEFAUT_NBROUES = 4;

  private final String marque;
  private final int nbRoues;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
    this.nbRoues = DEFAUT_NBROUES;
    // la vitesse vaudra 0
  }

  public Vehicule(String marque, int nbRoues) {
    this.marque = marque;
    // On ne peut créer que des véhicules avec au plus 4 roues
    this.nbRoues = nbRoues < DEFAUT_NBROUES ? nbRoues : DEFAUT_NBROUES;
    // la vitesse vaudra 0
  }

}
```

11.1.3 Constructeur par défaut

Le compilateur Java garantit que toutes les classes ont au moins un constructeur. Si vous créez la classe suivante :

```
public class Voiture {

}
```

Alors, le compilateur ajoutera le code nécessaire qui correspondrait à :

```
public class Voiture {

  public Voiture() {
  }

}
```

Ce constructeur est appelé le **constructeur par défaut**. Par contre si votre classe contient au moins un constructeur, quelle que soit sa signature, alors le compilateur n'ajoutera pas le **constructeur par défaut**.

```
public class Voiture {

  private final String marque;

  /* Le compilateur ne génèrera pas de constructeur par défaut.
   * Pour créer une voiture, je suis obligé de fournir sa marque en paramètre
   * de création.
   */
  public Voiture(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

}
```

Astuce : Si votre classe ne contient qu'un seul constructeur sans paramètre dont le corps est vide, alors vous pouvez supprimer cette déclaration car le compilateur le génèrera automatiquement.

11.1.4 Constructeur privé

Il est tout à fait possible d'interdire l'instantiation d'une classe en Java. Pour cela, il suffit de déclarer tous ses constructeurs avec une portée **private**.

```
public class Calculatrice {

  private Calculatrice() {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

  public static int additionner(int... valeurs) {
    int resultat = 0;
    for (int valeur : valeurs) {
      resultat += valeur;
    }
    return resultat;
  }
}
```

Comme montré dans l'exemple ci-dessus, un cas d'usage courant est la création d'une classe outil. Une classe outil ne contient que des méthodes de classe. Il n'y a donc aucun intérêt à instancier une telle classe. Donc, on déclare un constructeur privé pour éviter une utilisation incorrecte.

Note : On peut aussi considérer que la classe *Calculatrice* est simplement un espace de nom contenant un ensemble de fonctions. Même si les fonctions n'existent pas en Java, les classes outils sont un moyen de les simuler.

11.1.5 Appel d'un constructeur dans un constructeur

Certaines classes peuvent offrir différents constructeurs à ses utilisateurs. Souvent ces constructeurs vont partiellement exécuter le même code. Pour simplifier la lecture et éviter la duplication de code, un constructeur peut appeler un autre constructeur en utilisant le mot-clé **this** comme nom du constructeur. Cependant, un constructeur ne peut appeler qu'un **seul** constructeur et, s'il le fait, cela doit être sa première instruction.

```
public class Vehicule {

  private static final int DEFAUT_NBROUES = 4;

  private final String marque;
  private final int nbRoues;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this(marque, DEFAUT_NBROUES, 0f);
  }

  public Vehicule(String marque, int nbRoues) {
    this(marque, nbRoues, 0f);
  }

  public Vehicule(String marque, int nbRoues, float vitesseInitiale) {
    this.marque = marque;
    this.nbRoues = nbRoues < DEFAUT_NBROUES ? nbRoues : DEFAUT_NBROUES;
    this.vitesse = vitesseInitiale;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

}
```

La classe *Vehicule* ci-dessus offre plusieurs possibilités d'initialisation, mais les développeurs de cette classe ont évité la duplication en plaçant le code d'initialisation dans le troisième constructeur.

11.1.6 Appel d'une méthode dans un constructeur

Il est tout à fait possible d'appeler une méthode de l'objet dans un constructeur. Cela est même très utile pour éviter la duplication de code et favoriser la réutilisation. Attention cependant au statut particulier des constructeurs. Tant qu'un constructeur n'a pas achevé son exécution, l'objet n'est pas totalement initialisé. Il peut donc y avoir des cas où l'appel à une méthode peut avoir des comportements inattendus.

Prenons l'exemple suivant :

```
public class Vehicule {
  private static final int DEFAUT_NBROUES = 4;

  private final String marque;
  private final int nbRoues;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque, int nbRoues, float vitesseInitiale) {
    faireQuelqueChoseDInattendue();
    this.marque = marque;
    this.nbRoues = nbRoues < DEFAUT_NBROUES ? nbRoues : DEFAUT_NBROUES;
    this.vitesse = vitesseInitiale;
  }

  private void faireQuelqueChoseDInattendue() {
    System.out.println(this.nbRoues); // 0
  }
}
```

Le constructeur appelle la méthode *faireQuelqueChoseDInattendue* qui affiche la valeur de l'attribut *nbRoues*. Cet attribut est déclaré **final** donc il n'est pas modifiable durant la vie de l'objet et la tâche du constructeur va être, entre autres, de lui assigner une valeur. Mais comme la méthode *faireQuelqueChoseDInattendue* est appelée avant l'initialisation, elle affichera 0. Il s'agit d'un comportement aberrant du point de vue de la définition de **final** mais qui compile et s'exécute sans erreur.

Plus généralement, si vous souhaitez appeler des méthodes de l'objet dans un constructeur, il faut prendre soin de s'assurer que l'état de l'objet nécessaire à l'exécution de ces méthodes est correctement initialisé avant par le constructeur.

11.2 Injection de dépendances par le constructeur

L'état interne d'un objet (ses attributs) inclut souvent des références vers d'autres objets. Parfois, ces objets peuvent eux-même avoir une représentation interne complexe qui nécessite des références vers d'autres objets... Par exemple, une classe *Voiture* peut nécessiter une instance d'une classe *Moteur* :

```
public class Moteur {

  private int nbCylindres;
  private int nbSoupapesParCylindre;
  private float vitesseMax;

  public Moteur(int nbCylindres, int nbSoupapesParCylindre, float vitesseMax) {
    this.nbCylindres = nbCylindres;
    this.nbSoupapesParCylindre = nbSoupapesParCylindre;
    this.vitesseMax = vitesseMax;
  }

  // ...
}
```

À partir de la classe *Moteur* ci-dessus, nous pouvons fournir l'implémentation suivante de la classe *Voiture* :

```
public class Voiture {

  private String marque;
  private Moteur moteur;

  public Voiture(String marque, int nbCylindres, int nbSoupapesParCylindre, float␣
↪vitesseMax) {
    this.marque = marque;
    this.moteur = new Moteur(nbCylindres, nbSoupapesParCylindre, vitesseMax);
  }

  // ...
}
```

Et créer une instance de la classe *Voiture* :

```
Voiture clio = new Voiture("Clio Williams", 4, 4, 216);
```

Cependant, si nous considérons le type de relation qui unit la classe *Voiture* à la classe *Moteur*, nous constatons que non seulement la classe *Voiture* est dépendante de la classe *Moteur* mais qu'en plus la classe *Voiture* crée l'instance de la classe *Moteur* dont elle a besoin. Donc la classe *Voiture* a un couplage très fort avec la classe *Moteur*. Par exemple, si le constructeur de la classe *Moteur* évolue alors le constructeur de la classe *Voiture* doit également évoluer.

En programmation objet, créer une objet n'hésite souvent de disposer des informations nécessaires pour invoquer le constructeur de sa classe. La plupart du temps, les classes qui sont dépendantes d'autres classes n'ont pas vocation à les créer car il

n'y a pas vraiment de raison à ce qu'elles connaissent les informations nécessaires à leur création. Dans le cas de notre classe *Voiture* nous pouvons proposer simplement l'implémentation :

```
public class Voiture {

  private String marque;
  private Moteur moteur;

  public Voiture(String marque, Moteur moteur) {
    this.marque = marque;
    this.moteur = moteur;
  }

  // ...
}
```

La création d'une instance de *Voiture* se fait maintenant en deux étapes :

```
Moteur moteur = new Moteur(4, 4, 216);
Voiture clio = new Voiture("Clio Williams", moteur);
```

On dit qu'une instance de la classe *Moteur* est **injectée** par le constructeur dans une instance de *Voiture*. En programmation objet, cela signifie que nous avons découplé l'utilisation de l'instance de la classe *Moteur* de sa création.

L'injection de dépendances est une technique de programmation qui permet à une classe de disposer des instances d'objet dont elle a besoin sans avoir à les créer directement.

Note : L'injection de dépendance est la technique qui est à la base de l'inversion de dépendances (appelée aussi parfois inversion de contrôle) qui est un des principes SOLID en programmation objet. Beaucoup de frameworks Java (comme le Spring framework) sont basés sur ce principe.

11.3 Le bloc d'initialisation

Il est possible d'écrirer un traitement d'initialisation s'effectuant avant l'appel au constructeur. Il suffit de déclarer un bloc anonyme dans la classe.

```
public class Voiture {

  private final int nbRoues;

  {
    Configuration cfg = getConfiguration();
    nbRoues = cfg.nbRouesParVoiture;
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  private Configuration getConfiguration() {
    // le code ici pour consulter la configuration
  }

}
```

Dans l'exemple précédent, on suppose qu'il existe une classe *Configuration* et qu'il est possible de consulter la configuration de l'application pour connaître le nombre de roues par voiture. Le bloc d'initialisation accède à la configuration et affecte la bonne valeur à l'attribut **final** *nbRoues*.

Le bloc d'initialisation est très rarement employé en Java. On peut systématiquement obtenir le même comportement en déclarant un constructeur.

11.4 Le bloc d'initialisation de classe

Il est possible d'écrire un traitement d'initialisation d'une classe. Ce traitement ne sera effectué qu'une seule fois : au moment du chargement de la définition de la classe dans la mémoire de la JVM. Une initialisation de classe se fait à l'aide d'un bloc d'instructions **static**.

```
public class Voiture {

  private static final int NB_ROUES;

  static {
    Configuration cfg = getConfiguration();
    NB_ROUES = cfg.nbRouesParVoiture;
  }

  private static Configuration getConfiguration() {
    // le code ici pour consulter la configuration
  }

}
```

Dans l'exemple précédent, on suppose qu'il existe une classe *Configuration* et qu'il est possible de consulter la configuration de l'application pour connaître le nombre de roues par voiture. Le bloc **static** donne la possibilité d'initialiser une constante à partir d'un traitement plus complexe.

On peut obtenir un resultat similaire en initialisant la constante *NB_ROUES* à partir d'un appel à une méthode de classe :

```
public class Voiture {

  private static final int NB_ROUES = getConfiguration().nbRouesParVoiture;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  private static Configuration getConfiguration() {
    // le code ici pour consulter la configuration
  }

}
```

11.5 Mémoire heap et stack

Comme pour la plupart des langages de programmation, Java utilise deux espaces mémoires : la **stack** (ou *call stack*, la pile d'appel) et le **heap** (le tas).

La **stack** correspond à l'espace alloué pour gérer la mémoire nécessaire à l'exécution des méthodes (d'un thread). C'est dans cet espace que les variables déclarées dans la méthode sont stockées. Cet espace a la structure d'un pile car lorsqu'une méthode appelle une autre méthode, l'espace mémoire nécessaire à cet appel s'empile au dessus de l'espace mémoire précédent. Lorsqu'une méthode se termine l'espace mémoire qui lui est alloué dans la stack est libéré. Cela signifie que lorsqu'une méthode se termine, il n'est plus possible d'accéder aux variables qu'elle a déclarées.

Le **heap** permet de stocker de l'information en allouant dynamiquement de l'espace mémoire lorsque cela est nécessaire et de le libérer lorsqu'il n'est plus utile. Le heap a une structuration plus complexe qui tient compte de la durée de vie présumée des éléments qui le composent. Dans le heap se trouve, la description des classes chargées par la JVM mais surtout tous les objets créés. En effet, le mot-clé **new** a pour fonction de créer un nouvel objet en stockant ses informations dans le heap.

Tous les objets Java étant créés dans le heap, leur durée de vie peut être plus longue que le temps d'exécution d'une méthode. Il n'est pas possible pour un développeur de demander explicitement la destruction d'un objet. Par contre il existe un procédé appelé le *ramasse-miettes* (**garbage collector**) qui se charge de libérer la mémoire lorsqu'il détecte qu'elle n'est plus utilisée.

Note : La machine virtuelle Java gère elle-même l'espace mémoire allouable à la stack et au heap (alors qu'il s'agit normalement d'une activité prise en charge par le système d'exploitation lui-même). Du coup, il est possible de paramétrer au lancement de la JVM la taille mémoire allouable si on souhaite introduire des quotas par processus avec les paramètres :

-Xms<taille> Taille initiale du heap

-Xmx<taille> Taille maximale du heap

-Xss<taille> Taille de la stack (par thread)

Par exemple :

```
$ java -Xms512M -Xmx512M MonApplication
```

Dans l'exemple précédent, l'application est lancée avec un heap d'une taille fixe de 512 Mo.

11.6 Le ramasse-miettes

Le ramasse-miettes (*garbage collector*) est un processus léger (*thread*) qui est créé par la JVM et qui s'exécute régulièrement pour contrôler l'état de la mémoire. S'il détecte que des portions de mémoire allouées ne sont plus utilisées, il les libère afin que l'application ne manque pas de ressource mémoire.

La présence du ramasse-miettes évite aux développeurs de devoir demander explicitement la libération de la mémoire. D'ailleurs il n'est pas possible en Java de demander explicitement la libération de la mémoire. Cependant, il est important que les développeurs comprennent le fonctionnement du ramasse-miettes.

Le ramasse-miettes vérifie périodiquement si les objets sont référencés. Un objet est référencé si :

— la méthode en cours d'exécution ou une méthode de la pile d'appel possède une variable référençant cet objet
— il existe un objet référencé qui possède un attribut référençant cet objet

Le ramasse-miettes gère également le problème de la référence circulaire. Un objet qui contiendrait un attribut qui le référence directement ou indirectement lui-même n'est pas réellement considéré comme une référence par le ramasse-miettes.

Donc, si un développeur souhaite qu'un objet soit détruit et son espace mémoire récupéré, il doit s'assurer que plus aucune référence n'existe vers cet objet. Par exemple, il peut affecter la valeur **null** aux variables et aux attributs qui référencent cet objet.

Il est également possible de forcer l'appel au ramasse-miettes gâce à la méthode java.lang.System.gc(). Cependant, cette méthode ne donne aucune garantie quant au résultat. Vous ne pouvez pas vous baser sur son appel pour garantir la suppression d'un objet non référencé. Le ramasse-miettes utilise un algorithme complexe qui rend son comportement difficilement prédictible.

Note : Le ramasse-miettes est parfois la préoccupation des ingénieurs système. En effet, les serveurs implémentés en Java dépendent du ramasse-miettes pour gérer la désallocation de la mémoire. Même si l'exécution du ramasse-miettes est rapide, elle peut avoir des effets sur des serveurs très sollicités en entraînant des micro-interruptions du service. Java propose non pas un mais des algorithmes de ramasses-miettes configurables. Il est donc possible de choisir au lancement de la JVM le type de ramasse-miettes à utiliser.

Le ramasse-miettes fait l'objet de modification et d'évolution à toutes les versions de Java. Pour Java 9, vous pouvez vous reporter au guide de tuning du ramasse-miettes.

Avertissement : Java propose un mécanisme de ramasse miettes mais ce dernier ne peut libérer l'espace mémoire que des objets non référencés. Si vous développez une application qui crée beaucoup d'objets sans donner la possibilité au ramasse-miettes de les collecter, votre application peut se retrouver à cours d'espace mémoire. Lors de la création d'un nouvel objet, vous obtiendrez alors une erreur du type java.lang.OutOfMemoryError.

La mémoire n'est pas la seule ressource système avec laquelle les développeurs doivent composer. Si Java propose un mécanisme pour la gestion de la mémoire, il ne propose pas de mécanisme automatique pour réclamer les autres types de ressources, notamment les descripteurs de fichier et de socket.

11.7 La méthode finalize

Si un objet souhaite effectuer un traitement avant sa destruction, il peut implémenter la méthode *finalize*. Cette méthode a la signature suivante :

```
protected void finalize() {
}
```

Dans la pratique cette méthode n'est utilisée que pour des cas d'implémentation très avancés. En effet, la JVM ne donne strictement **aucune** garantie sur le moment où la méthode **finalize** est appelée. Elle peut même ne jamais être appelée si l'application se termine avant que le ramasse-miettes ne réclame l'espace mémoire de l'objet. Elle n'a donc pas le même statut ni la même importance qu'un destructeur dans le langage C++.

```
public class ObjetCurieux {

  protected void finalize() {
    System.out.print("je vais disparaître !");
  }

  public static void main(String[] args) {
    ObjetCurieux objetCurieux = new ObjetCurieux();
    objetCurieux = null;

    System.gc();

    for(int i = 0; i < 1000 ; ++i) {
      System.out.print('.');
    }
  }
}
```

Dans l'exemple ci-dessus, Un objet qui n'implémente que la méthode *finalize* est créé puis la variable qui le référence est mise à **null**. Ensuite, le programme appelle explicitement le ramasse-miettes avec la méthode java.lang.System.gc(). Enfin, une boucle se contente d'afficher mille points sur la sortie standard. Cette boucle **for**

est utile car généralement le programme s'arrête trop vite et le ramasse-miettes n'a pas le temps d'appeler *finalize*. Si vous exécutez ce programme plusieurs fois, vous constaterez que le message « je vais disparaître ! » ne s'affiche pas au même moment. Cela traduit bien le fait que le comportement du ramasse-miettes varie d'une exécution à l'autre.

CHAPITRE 12

Les packages

Un problème courant dans les langages de programmation est celui de la collision de noms. Si par exemple, je veux créer une classe *TextEditor* pour représenter une composant graphique complexe pour éditer un texte, un autre développeur peut également le faire. Si nous distribuons nos classes, cela signifie qu'une application peut se retrouver avec deux classes dans son *classpath* qui portent exactement le même nom mais qui ont des méthodes et des comportements différents.

Dans la pratique, la JVM chargera la première classe qu'elle peut trouver et ignorera la seconde. Ce comportement n'est pas acceptable. Pour cela, il faut pouvoir différencier ma classe *TextEditor* d'une autre.

Le moyen le plus efficace est d'introduire un espace de noms qui me soit réservé. Dans cet espace, *TextEditor* ne désignerait que ma classe. En Java, les **packages** servent à délimiter des espaces de noms.

12.1 Déclaration d'un package

Pour qu'une classe appartienne à un package, il faut que son fichier source commence par l'instruction :

```
package [nom du package];
```

Une classe ne peut appartenir qu'à un seul package. Les packages sont également représentés sur le disque par des répertoires. Donc pour la classe suivante :

```
package monapplication;

public class TextEditor {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
}
```

Cette classe doit se trouver dans le fichier *TextEditor.java* et ce fichier doit lui-même se trouver dans un répertoire nommé *monapplication*. Pour les fichiers *class* résultants de la compilation, l'organisation des répertoires doit être conservée (c'est d'ailleurs ce que fait le compilateur). Ainsi, si deux classes portent le même nom, elles se trouveront chacune dans un fichier avec le même nom mais dans des répertoires différents puisque ces classes appartiendront à des packages différents.

Note : Quand on spécifie le **classpath** à la compilation ou au lancement d'un programme, on spécifie le ou les répertoires à partir desquels se trouvent les packages.

Si une classe ne déclare pas d'instruction **package** au début du fichier, on dit qu'elle appartient au package par défaut (qui n'a pas de nom). Même si le langage l'autorise, c'est quasiment toujours une mauvaise idée. Les IDE comme Eclipse signalent d'ailleurs un avertissement si vous voulez créer une classe dans le package par défaut. Jusqu'à présent, les exemples donnés ne mentionnaient pas de package. Mais maintenant que cette notion a été introduite, les exemples à venir préciseront toujours un package.

12.2 Sous package

Comme pour les répertoires, les packages suivent une organisation arborescente. Un package contenu dans un autre package est appelé un **sous package** :

```
package monapplication.monsouspackage;
```

Sur le système de fichiers, on trouvera donc un répertoire *monapplication* avec à l'intérieur un sous répertoire *monsouspackage*.

12.3 Nom d'un package

Comme le mécanisme des packages a été introduit pour éviter la collision de noms, il est conseillé de suivre une convention de nommage de ses packages. Pour une organisation, on utilise le nom de domaine inversé comme base de l'arborescence de packages : par exemple com.cgi.formation. On ajoute généralement ensuite le nom de l'application ou de la bibliothèque.

Les noms de packages contenant le mot *java* sont réservés pour la bibliothèque standard. On trouve ainsi des packages *java* ou *javax* (pour indiquer une extension de Java) dans la bibliothèque standard fournie avec le JDK.

12.4 Nom complet d'une classe

Une classe est normalement désignée par son *nom complet*, c'est-à-dire par le chemin de packages suivi d'un **.** suivi du nom de la classe.

Par exemple, la classe String s'appelle en fait java.lang.String car elle se trouve dans le package java.lang. J'ai donc la possibilité, si je le souhaite, de créer ma propre classe String par exemple dans le package com.cgi.formation :

```
package com.cgi.formation;

public class String {

}
```

Il est possible d'accèder à une classe en spécifiant son nom complet. Par exemple, pour accèder à la classe java.util.Arrays :

```
package com.cgi.formation;

public class MaClasse {

  public static void main(String[] args) {
    int[] tableau = {5, 6, 3, 4};
    java.util.Arrays.sort(tableau);
  }
}
```

Par défaut, une classe a accès à l'espace de nom de son propre package et du package java.lang. Voilà pourquoi, il est possible d'utiliser directement les classes String ou Math sans avoir à donner leur nom complet : java.lang.String, java.lang.Math.

Si nous créons deux classes : *Voiture* et *Conducteur*, toutes deux dans le package com.cgi.formation :

```
package com.cgi.formation;

public class Conducteur {

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation;

public class Voiture {

  private Conducteur conducteur;

  public void setConducteur(Conducteur conducteur) {
    this.conducteur = conducteur;
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    // ...
}
```

La classe *Voiture* et la classe *Conducteur* appartiennent toutes les deux au package com.cgi.formation. La classe *Voiture* peut donc référencer la classe *Conducteur* sans préciser le package.

12.5 Import de noms

Pour éviter de préfixer systématiquement une classe par son nom de package, il est possible d'importer son nom dans l'espace de noms courant grâce au mot-clé **import**. Une instruction **import doit** se situer juste après la déclaration de **package** (si cette dernière est présente). Donc, il n'est pas possible d'importer un nom en cours de déclaration d'une classe ou d'une méthode.

Le mot-clé **import** permet d'importer :

— Un nom de classe particulier

```
import java.util.Arrays;
```

— Un nom de méthode de classe ou d'attribut de classe

```
import static java.lang.Math.abs;
import static java.lang.System.out;
```

— Un nom de classe interne (inner class)

```
import java.util.Map.Entry;
```

— Tous les noms d'un package

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

— Tous les noms des méthodes et des attributs de classe

```
import static java.lang.Math.*;
```

Le caractère * permet d'importer tous les noms d'un package dans l'espace de nom courant. Même si cela peut sembler très pratique, il est pourtant déconseillé de le faire. Tous les IDE Java savent gérer automatiquement les importations. Dans Eclipse, lorsque l'on saisit le nom d'une classe qui ne fait pas partie de l'espace de nom, il suffit de demander la complétion de code (*CTRL + espace*) et de choisir dans la liste la classe appartenant au package voulu et Eclipse génère automatiquement l'instruction **import** pour ce nom de classe. De plus, on peut demander à Eclipse à tout moment de réorganiser les importations (*CTRL + MAJ + O*). Ainsi, la gestion des

importations est grandement automatisée et le recours à * comme facilité d'écriture n'est plus vraiment utile.

```
package com.cgi.formation;

import static java.lang.Math.random;
import static java.lang.System.out;
import static java.util.Arrays.sort;

import java.time.Duration;
import java.time.Instant;

public class BenchmarkTriTableau {

  public static void main(String[] args) {
    int[] tableau = new int[1_000_000];

    for (int i = 0; i < tableau.length; ++i) {
      tableau[i] = (int) random();
    }

    Instant start = Instant.now();
    sort(tableau);
    Duration duration = Duration.between(start, Instant.now());

    out.println("Durée de l'opération de tri du tableau : " + duration);
  }

}
```

Note : Si vous importez un nom qui est déjà défini dans l'espace courant, alors l'import n'aura aucun effet. Dans ce cas, vous serez obligé d'accéder à un nom de classe avec son nom long afin d'éviter toute ambiguïté.

12.6 La portée de niveau package

Nous avons vu précédemment que les classes, les méthodes et les attributs peuvent avoir une portée **public** ou **private**. Il existe également une portée de niveau package. Une classe, une méthode ou un attribut avec cette portée n'est accessible qu'aux membres du même package. Cela permet notamment de créer des classes nécessaires au fonctionnement du package tout en les dissimulant aux éléments qui ne sont pas membres du package.

Il n'y a pas de mot-clé pour désigner la portée de niveau package. Il suffit simplement d'omettre l'information de portée.

Imaginons que nous voulions créer une bibliothèque de cryptographie. Nous pouvons créer une classe pour chaque algorithme. Par contre, pour simplifier l'utilisation, nous pouvons fournir une classe outil de chiffrement. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de rendre accessible à l'extérieur du package les classes représentant les algorithmes : on les déclare alors avec la portée package.

Code source 1 – CypherAlgorithm.java

```
package com.cgi.formation.cypher;

class CypherAlgorithm {

  public CypherAlgorithm() {
    // ...
  }

  public byte[] encrypt(byte[] msg) {
    // ...
  }
}
```

Code source 2 – CypherLibrary.java

```
package com.cgi.formation.cypher;

public class CypherLibrary {

  private CypherLibrary() {
  }

  public static byte[] cypher(byte[] msg) {
    CypherAlgorithm algo = new CypherAlgorithm();
    return algo.cypher(msg);
  }
}
```

La classe *CypherAlgorithm* est de portée package, elle est donc invisible pour les classes qui ne sont pas membres de son package. Par contre, elle est utilisée par la classe *CypherLibrary*.

La portée de niveau package est souvent utilisée pour dissimuler la complexité de l'implémentation en ne laissant voir que les classes et/ou les méthodes réellement utiles aux utilisateurs.

12.7 Le fichier package-info.java

Il est possible de créer un fichier spécial dans un package nommé *package-info.java*. Au minimum, ce fichier doit contenir une instruction **package**. Ce fichier particulier permet d'ajouter un commentaire Javadoc pour documenter le package lui-même. Il peut également contenir des annotations pour le package.

Code source 3 – contenu du fichier package-info.java pour com.cgi.formation

```
package com.cgi.formation;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
/**
 * Ceci est le commentaire pour le package.
 */
```

CHAPITRE 13

Héritage et composition

Une application Java est composée d'un ensemble d'objets. Un des intérêts de la programmation objet réside dans les relations que ces objets entretiennent les uns avec les autres. Ces relations sont construites par les développeurs et constituent ce que l'on appelle l'architecture d'une application. Il existe deux relations fondamentales en programmation objet :

est un (*is-a*) Cette relation permet de créer une chaîne de relation d'identité entre des classes. Elle indique qu'une classe peut être assimilée à une autre classe qui correspond à une notion plus abstraite ou plus générale. On parle **d'héritage** pour désigner le mécanisme qui permet d'implémenter ce type de relation.

a un (*has-a*) Cette relation permet de créer une relation de dépendance d'une classe envers une autre. Une classe a besoin des services d'une autre classe pour réaliser sa fonction. On parle également de relation de **composition** pour désigner ce type de relation.

13.1 L'héritage (is-a)

Imaginons que nous voulions développer un simulateur de conduite. Nous pouvons concevoir une classe *Voiture* qui sera la représentation d'une voiture dans notre application.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture {

  private final String marque;
  private float vitesse;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

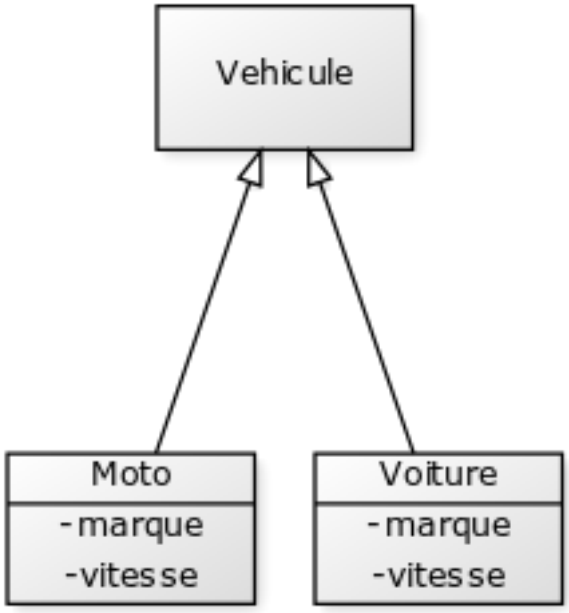
```
  public Voiture(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

Mais nous pouvons également rendre possible la simulation d'une moto. Dans ce cas, nous aurons également besoin d'une classe *Moto*.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Moto {

  private final String marque;
  private float vitesse;

  public Moto(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

On se rend vite compte qu'au stade de notre développement, une voiture et une moto représentent la même chose. Faut-il alors créer deux classes différentes ? En programmation objet, il n'y a pas de réponse toute faite à cette question. Mais si notre application gère, par exemple, le type de permis de conduire, il serait judicieux d'avoir des représentations différentes pour ces types de véhicule car ils nécessitent des permis de conduire différents. Si mon application de simulation permet de faire se déplacer des objets de ces classes, alors il va peut-être falloir autoriser les objets de type *Voiture* à aller en marche arrière mais pas les objets de type *Moto*. Bref, comme souvent en programmation objet, on se retrouve avec des classes qui ont des notions en commun (dans notre exemple, la vitesse et la marque), tout en ayant leurs propres spécificités.

Pour ce type de relations, nous pouvons utiliser l'héritage pour faire apparaître une classe réprésentant une notion plus générale ou plus abstraite. Dans notre exemple, il pourrait s'agir de la classe *Vehicule*. Les classes *Voiture* et *Moto* peuvent *hériter* de cette nouvelle classe puiqu'une voiture **est un** véhicule et une moto **est un** véhicule.



En Java, l'héritage est indiqué par le mot clé **extends** après le nom de la classe. On dit donc qu'une classe en *étend* une autre. La classe qui est étendue est appelée *classe mère* ou *classe parente* et la classe qui étend est appelée *classe fille* ou *classe enfant*.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  private final String marque;
  private float vitesse;

  public Voiture(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

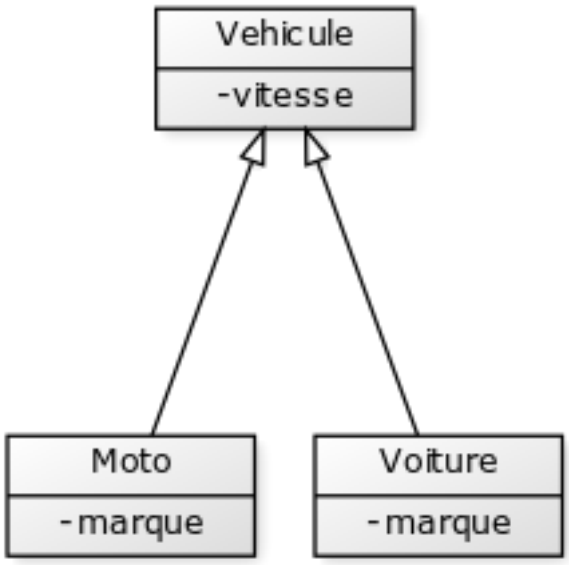
```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Moto extends Vehicule {

  private final String marque;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  private float vitesse;

  public Moto(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

Le terme d'héritage vient du fait qu'une classe qui en étend une autre *hérite* de la définition de sa classe parente et notamment de ses attributs et de ses méthodes. Par exemple, les classes *Voiture* et *Moto* ont en commun la déclaration de l'attribut *vitesse*. Cet attribut semble donc faire partie de la généralisation commune de *Vehicule*.




```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private float vitesse;

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  private final String marque;

  public Voiture(String marque) {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Moto extends Vehicule {

  private final String marque;

  public Moto(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

Il est maintenant possible d'ajouter les méthodes *accelerer* et *decelerer* à la classe Vehicule et les classes *Voiture* et *Moto* en hériteront.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private float vitesse;

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
  }

  // ...

}
```

Tous les véhicules de cette application peuvent maintenant accélérer et décélérer.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class AppliSimple {

  public static void main(String[] args) {
    Voiture voiture = new Voiture("DeLorean");
    voiture.accelerer(88);

    Moto moto = new Moto("Kaneda");
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    moto.accelerer(120);
  }

}
```

13.2 Héritage et constructeur

Dans notre exemple précédent, l'attribut *marque* pourrait tout aussi bien être mutualisé dans la classe *Vehicule*. Cependant, il va falloir tenir compte des constructeurs de *Voiture* et *Moto* qui garantissent une initialisation de cet attribut à partir du paramètre.

En Java, nous avons vu qu'un constructeur peut appeler un autre constructeur déclaré dans la même classe grâce au mot-clé *this*. De la même manière, un constructeur peut appeler un constructeur de sa classe parente grâce au mot-clé **super**. Il doit respecter les mêmes contraintes :

— Un constructeur ne peut appeler qu'un constructeur.
— L'appel au constructeur doit être la première instruction du constructeur.

Il est donc possible de déclarer un constructeur dans la classe *Vehicule* et d'appeler ce constructeur depuis les constructeurs de *Voiture* et *Moto*.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
```

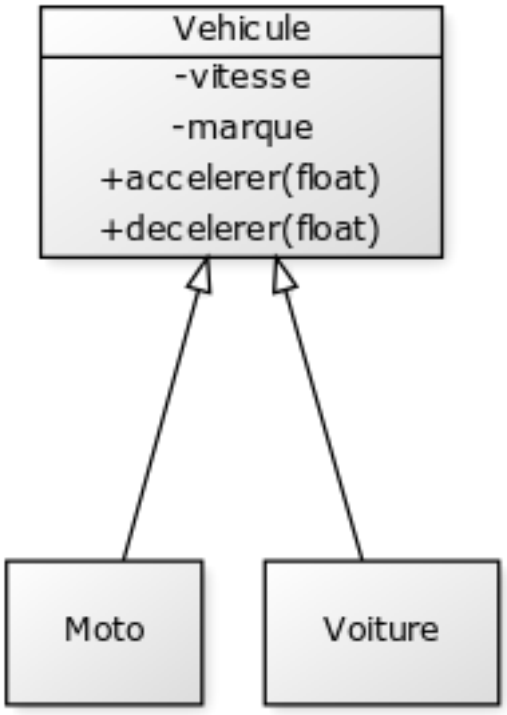
(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    super(marque);
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Moto extends Vehicule {

  public Moto(String marque) {
    super(marque);
  }

  // ...

}
```

Voiture et *Moto* peuvent maintenant proposer leurs propres méthodes et attributs tout en ayant en commun les mêmes méthodes et attributs que la classe *Vehicule*.



En java, si votre constructeur n'appelle aucun constructeur, alors le compilateur génèrera une instruction d'appel au constructeur sans paramètre de la classe parente.

Si vous créez la classe suivante :

```
package com.cgi.formation.simple.test
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
public class MaClasse {

  public MaClasse() {
  }

}
```

Le compilateur génèrera le bytecode correspondant au code suivant :

```
package com.cgi.formation.simple.test

public class MaClasse extends Object {

  public MaClasse() {
    super();
  }

}
```

Si vous omettez d'appeler un constructeur, alors le compilateur part du principe qu'il en existe un de disponible dans la classe parente et que ce constructeur ne prend pas de paramètre. Ainsi, Java garantit qu'un constructeur de la classe parente est toujours appelé avant l'exécution du constructeur courant. Cela signifie que, lors de la création d'un objet, on commence toujours par initialiser la classe la plus haute dans la hiérarchie d'héritage.

Ce qui peut sembler surprenant dans l'exemple précédent est que la classe *MaClasse* ne déclare pas de classe parente mais que le compilateur va forcer un héritage.

13.3 Héritage simple : Object

Java ne supporte pas l'héritage multiple. Soit le développeur déclare avec le mot-clé **extends** une seule classe parente, soit le compilateur part du principe que la classe hérite de la classe Object. Toutes les classes en Java ont une classe parente (hormis la classe Object). L'arbre d'héritage en Java ne possède qu'une seule classe racine : la classe Object.

Note : C'est la classe Object qui déclare notamment les méthodes toString et equals. Voilà pourquoi tous les objets Java peuvent avoir par défaut une représentation sous forme de chaîne de caractères et qu'ils peuvent être comparés aux autres.

13.4 Héritage et affectation

L'héritage introduit la notion de *substituabilité* entre la classe enfant et la classe parente. Une classe enfant a son propre type mais partage également le même type que sa classe parente.

Pour notre exemple, cela signifie que l'on peut affecter à une variable de type *Vehicule*, une instance de *Voiture* ou une instance de *Moto* :

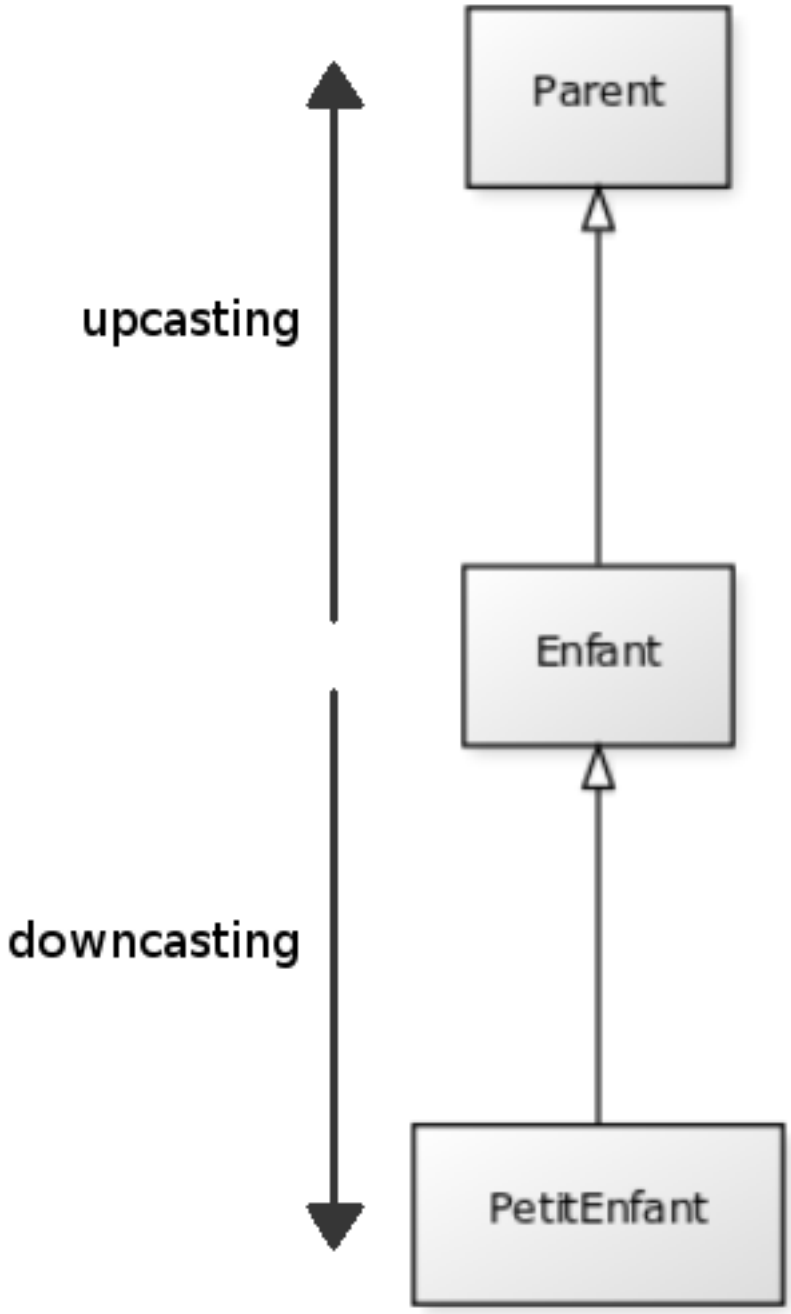
```
Vehicule vehicule = null;
vehicule = new Voiture("DeLorean");
vehicule = new Moto("Kaneda");
```

Cette possibilité introduit une abstraction importante dans la programmation objet. Si une partie d'un programme a besoin d'une instance de type *Vehicule* pour s'exécuter, alors cela signifie qu'une instance de n'importe quelle classe héritant directement ou indirectement de *Vehicule* peut être utilisée.

Lorsqu'on crée une classe par héritage, cela signifie qu'il faut faire attention à ne pas altérer le comportement attendu par les utilisateurs de la classe parente.

Note : L'acronyme SOLID proposé par Robert Matin regroupe 5 principes importants de la programmation objet. La lettre L désigne le Liskov substitution principle (principe de substitution de Liskov) qui décrit ce principe de substitution entre un type et son sous-type et les contraintes qui en découlent pour la conception objet.

Le principe de substituabilité est une application du transtypage (*casting*). Comme pour les types primitifs, il est possible d'affecter une référence d'un objet à une variable, attribut ou paramètre d'un type différent. Pour que cette affectation soit possible il faut que les deux types fassent partie de la même hiérarchie d'héritage.



Si le type d'arrivée correspond à un type parent, on parle *d'upcasting* (transtypage vers le haut). Si le type d'arrivée correspond à un type enfant, on parle de *downcasting* (transtypage vers le bas).

À partir du moment où l'implémentation des classes respectent le principe de substitution de Liskov, l'upcasting est une opération sûre en programmation objet. Voilà pourquoi, il est possible d'affecter des instances de type *Voiture* à des variables de type *Vehicule*.

Note : Comme Java se base sur une hiérarchie à racine unique, toutes les classes héritent directement ou indirectement de Object. Donc, toute instance peut être affectée à une variable, un attribut ou un paramètre de type Object.

```
Object obj = null;
obj = new Voiture("DeLorean");
obj = "ceci est une chaine de caractère";
obj = Integer.valueOf(1);
```

À l'inverse, le downcasting n'est pas une opération sûre en programmation objet. Prenons l'exemple trivial suivant :

```
Vehicule vehicule = new Voiture("DeLorean");
Moto moto = vehicule; // ERREUR
```

La variable *vehicule* référence un objet de type Voiture, il n'est donc pas possible d'affecter cet objet à une variable de type *Moto*. Pour cette raison, le langage Java, n'autorise pas par défaut le downcasting : l'exemple ci-dessus ne compilera pas. Il est cependant possible de forcer le transtypage en utilisant la même syntaxe que pour les types primitifs.

```
Vehicule vehicule = new Voiture("DeLorean");
Voiture voiture = (Voiture) vehicule;
Moto moto = (Moto) vehicule; // ERREUR
```

Le code précédent compile puisque le développeur déclare explicitement le downcasting. Cependant, l'affectation à la ligne 3 est erronée puisque la variable *vehicule* référence une instance de *Voiture* que l'on veut affecter à une variable de type *Moto*. Pour les types primitifs, un transtypage invalide conduit à une possible perte de données. Par contre, pour des objets, un transtypage invalide génère à l'exécution une erreur de type java.lang.ClassCastException.

13.5 Le mot-clé instanceof

Il est possible de découvrir à l'exécution si une variable, un attribut ou un paramètre est d'un type attendu, cela permet de contrôler les opérations de downcasting et d'éviter des erreurs d'exécution. Pour cela, le mot-clé **instanceof** retourne **true** si l'opérande à gauche est d'un type compatible avec l'opérande à droite.

```
1  Vehicule vehicule = new Voiture("DeLorean");
2
3  if (vehicule instanceof Voiture) {
4    Voiture voiture = (Voiture) vehicule;
5    // ...
6  }
7
8  if (vehicule instanceof Moto) {
9    Moto moto = (Moto) vehicule;
10   // ...
11 }
```

Le code ci-dessus s'exécutera sans erreur. À la ligne 8, comme la variable *vehicule* ne référence pas un objet compatible avec le type *Moto*, **instanceof** retournera **false**, empêchant ainsi le bloc de s'exécuter. Une opération de downcasting devrait toujours être contrôlée par une expression **instanceof** et le programme devrait être capable de se comporter correctement si l'instruction **instanceof** retourne **false**.

> **Prudence :** Si le recours à **instanceof** permet de rendre les applications plus robustes, il n'en reste pas moins que les opérations de downcasting doivent rester l'exception dans un programme. Un recours systématique au downcasting est souvent le signe d'une mauvaise conception objet.

13.6 La portée protected

Précédemment, nous avons introduit la classe *Vehicule* et nous avons pu l'utiliser pour mutualiser la déclaration des attributs *vitesse* et *marque*. Ces attributs ont été déclarés comme *private*. Donc ils ne sont accessibles que depuis la classe *Vehicule*. Même si la classe *Voiture* hérite des attributs et des méthodes de *Vehicule*, elles ne peut pas accéder aux attributs et aux méthodes privés des classes parentes. Imaginons maintenant que nous souhaitons ajouter la méthode *reculer*. Comme nous ne souhaitons pas fournir cette possibilité aux objets de la classe *Moto*, nous voulons ajouter cette méthode uniquement à la classe *Voiture*.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
  }

  public void reculer(float vitesse) {
    this.vitesse = -vitesse;
  }

  // ...

}
```

Le code précédent ne peut pas accéder à l'attribut *vitesse* déclaré dans la classe parente car il a été déclaré avec une portée **private**.

En Java, il existe une quatrième portée : la portée **protected**. Les attributs et les méthodes déclarés avec la portée **protected** sont accessibles par les membres du même package et par les classes filles. Ainsi en modifiant la déclaration de la classe *Vehicule* :

```
package com.cgi.formation.conduite;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
public class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
  }

  // ...

}
```

La classe *Voiture* pourra compiler car elle a maintenant accès à l'attribut *vitesse*.

Le tableau ci-dessous résume toutes les portées en Java en les triant de la moins restrictive à la plus restrictive.

Tableau 1 – Les portées en Java

type	mot-clé	Description
Publique	**public**	Accessible depuis n'importe quel point de l'application
Protégée	**protected**	Accessible uniquement depuis les classes du même package et les classes filles
Package		Accessible uniquement depuis les classes du même package
Privée	**private**	Accessible uniquement dans la classe de déclaration et les classes internes

La portée **protected** pose parfois un soucis de conception. En effet, on pourrait considérer que les portées de type privé et package sont inutiles et que tous les attributs peuvent être déclarés avec la portée *protected*. Cependant, en programmation objet, le principe du ouvert/fermé stipule qu'une classe devrait être ouverte en extension mais fermée en modification. Cela signifie que par héritage, les développeurs doivent pouvoir étendre les fonctionnalités d'une classe en créant un sous-type mais ne doivent pas pouvoir modifier significativement le comportement de la classe parente. Empêcher une sous-classe de modifier l'état d'un attribut en le déclarant **private** est une bonne façon d'éviter aux développeurs d'une sous-classe de modifier involontairement le comportement d'une classe.

Un règle simple consiste à systématiquement déclarer **private** les attributs d'une classe sauf si une raison évidente nous suggère de déclarer la portée **protected**.

Note : Dans l'exemple précédent, la déclaration de l'attribut *vitesse* comme **protected** est peu satisfaisante car toutes les classes filles ont maintenant accès à cet attribut : cela n'est pas conforme au principe du ouvert/fermé. Nous verrons au *chapitre suivant* qu'il existe une solution qui évite de modifier la portée de cet attribut.

Note : Le principe du ouvert/fermé (Open/close principle) représente le O dans l'acronyme SOLID. Cet acronyme rassemble cinq notions fondamentales dans la conception objet.

13.7 Héritage des méthodes et attributs de classe

Comme leur nom l'indique, les méthodes et les attributs de classe appartiennent à une classe. Il est possible d'accéder à une méthode de classe par la classe dans laquelle la méthode a été déclarée ou par n'importe quelle classe qui en hérite. Il en va de même pour les attributs de classe. Attention cependant, si l'attribut de classe est modifiable, sa valeur est partagée par l'ensemble des classes qui font partie de la hiérarchie d'héritage.

Un exemple classique est l'implémentation d'un compteur qui permet de savoir combien d'instances ont été créées. Il suffit de créer un compteur comme attribut de classe.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private static int nbInstances = 0;

  private final String marque;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    ++Vehicule.nbInstances;
    this.marque = marque;
  }

  public static int getNbInstances() {
    return nbInstances;
  }

  // ...
}
```

Dans l'exemple précédent, nous avons ajouté l'attribut de classe *nbInstances* et la méthode de classe *getNbInstances*. L'attribut de classe est un compteur qui est incrémenté à chaque fois que le constructeur de *Vehicule* est appelé.

```
Voiture voiture = new Voiture("DeLorean");

Moto moto = new Moto("Kaneda");

System.out.println(Vehicule.getNbInstances()); // 2
System.out.println(Voiture.getNbInstances());  // 2
System.out.println(Moto.getNbInstances());     // 2
```

Dans l'exemple ci-dessus, la création d'une instance de *Voiture* et d'une instance de *Moto* incrémente le compteur *nbInstances*. L'appel à la méthode *getNbInstances* retournera le chiffre 2 quelle que soit la classe utilisée pour invoquer cette méthode. On voit ici, qu'il est parfois important, pour des raisons de lisibilité, d'utiliser la classe dans laquelle la méthode a été déclarée pour l'invoquer. En effet, une lecture rapide du code, pourrait nous faire croire que l'appel à *Voiture.getNbInstances* retourne le nombre d'instances de type *Voiture* créées alors qu'il s'agit du nombre d'instances de type *Vehicule* (donc incluant les instances de *Moto*).

13.8 Héritage et final

En Java, il est possible de déclarer une classe **final**. Cela signifie qu'il est impossible d'étendre cette classe. Elle représente un élément terminal dans l'arborescence d'héritage.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public final class Moto extends Vehicule {

  public Moto(String marque) {
    super(marque);
  }

  // ...

}
```

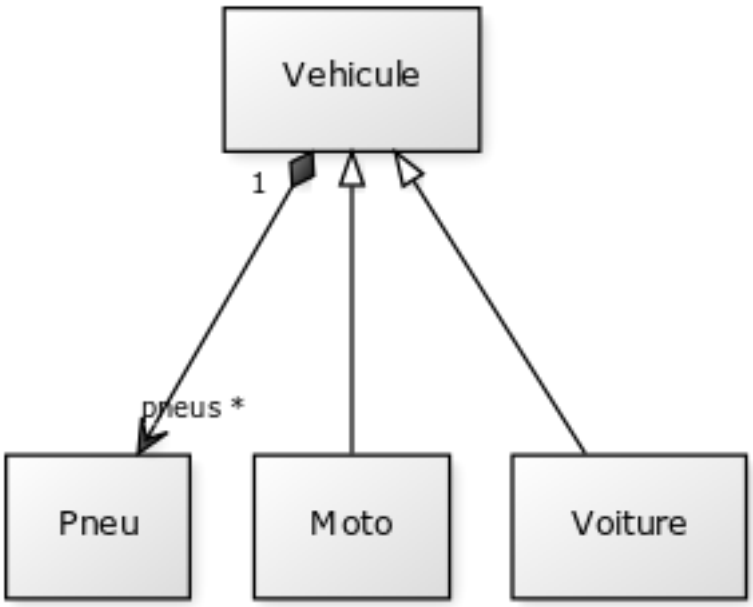
Dans l'exemple ci-dessus, la classe *Moto* est déclarée **final**. Donc il est maintenant impossible de déclarer une classe qui étende la classe *Moto*.

En raison de son impact très fort, la déclaration d'une classe comme **final** est réservée à des cas très particuliers. Un exemple est la classe java.lang.String. Cette classe est déclarée **final**. Il est donc impossible en Java de créer une classe qui hérite de java.lang.String. Les développeurs de l'API standard ont jugé qu'en raison de son importance, cette classe devait être fermée en extension afin d'éviter toute modification de comportement par héritage.

13.9 La composition (has-a)

La composition est le type de relation le plus souvent utilisé en programmation objet. Elle indique une dépendance entre deux classes. L'une a besoin des services d'une autre pour réaliser sa fonction. La composition se fait en déclarant des attributs dans la classe.

Dans notre application de simulation de conduite, si nous introduisons une classe pour représenter des pneus.




```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Pneu {

  private float coefficientAdherence;

  // ..

}
```

Alors, nous pouvons indiquer que les véhicules **ont des** pneus.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;
  protected Pneu[] pneus;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public Pneu[] getPneus() {
    return this.pneus;
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
    this.pneus = new Pneu[] {new Pneu(), new Pneu(), new Pneu(), new Pneu()};
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Moto extends Vehicule {

  public Moto(String marque) {
    super(marque);
    this.pneus = new Pneu[] {new Pneu(), new Pneu()};
  }

  // ...

}
```

CHAPITRE 14

Le polymorphisme

Le polymorphisme est un mécanisme important dans la programmation objet. Il permet de modifier le comportement d'une classe fille par rapport à sa classe mère. Le polymorphisme permet d'utiliser l'héritage comme un mécanisme d'extension en adaptant le comportement des objets.

14.1 Principe du polymorphisme

Prenons l'exemple de la classe *Animal*. Cette classe offre une méthode *crier*. Pour simplifier notre exemple, la méthode se contente d'écrire le cri de l'animal sur la sortie standard.

```
package com.cgi.formation.animal;

public class Animal {

  public void crier() {
    System.out.println("un cri d'animal");
  }

}
```

Nous disposons également des classes *Chat* et *Chien* qui héritent de la classe *Animal*.

```
package com.cgi.formation.animal;

public class Chat extends Animal {

}
```

```java
package com.cgi.formation.animal;

public class Chien extends Animal {

}
```

Ces deux classes sont une spécialisation de la classe *Animal*. À ce titre, elles peuvent **redéfinir** (*override*) la méthode *crier*.

```java
package com.cgi.formation.animal;

public class Chat extends Animal {

  public void crier() {
    System.out.println("Miaou !");
  }

}
```

```java
package com.cgi.formation.animal;

public class Chien extends Animal {

  public void crier() {
    System.out.println("Whouaf whouaf !");
  }

}
```

Chaque classe fille change le comportement de la méthode *crier*. Cela signifie qu'un objet de type *Chien* pour lequel on invoque le méthode *crier* ne fournira pas le même comportement qu'un objet de type *Chat*. Et cela, quel que soit le type de la variable qui référence ces objets.

```java
Animal animal = new Animal();
animal.crier(); // affiche "un cri d'animal"

Chat chat = new Chat();
chat.crier();   // affiche "Miaou !"

Chien chien = new Chien();
chien.crier();  // affiche "Whouaf whouaf !"

animal = chat;
animal.crier(); // affiche "Miaou !"

animal = chien;
animal.crier(); // affiche "Whouaf whouaf !"
```

L'exemple de code ci-dessus montre que l'implémentation de la méthode *crier* dépend du type réel de l'objet et non pas du type de la variable qui le référence.

14.2 Une exception : les méthodes privées

Les méthodes de portée **private** ne supportent pas le polymorphisme. En effet, une méthode de portée **private** n'est accessible uniquement que par la classe qui la déclare. Donc si une classe mère et une classe fille définissent une méthode **private** avec la même signature, le compilateur les traitera comme deux méthodes différentes.

14.3 Redéfinition et signature de méthode

Le principe du polymorphisme repose en Java sur la redéfinition de méthodes. Pour que la redéfinition fonctionne, il faut que la méthode qui redéfinit possède une signature *correspondante* à celle de la méthode orginale.

Le cas le plus simple est celui de l'exemple précédent. Les méthodes ont exactement la même signature : même portée, même type de retour, même nom et mêmes paramètres.

Cependant, la méthode qui redéfinit peut avoir une signature légèrement différente.

Une méthode qui redéfinit, peut avoir une portée différente si et seulement si, celle-ci est plus permissive que celle de la méthode d'origine. Il est donc possible d'augmenter la portée de la méthode mais jamais de la réduire :

- Une méthode de portée package peut être redéfinie avec la portée package mais aussi **protected** ou **public**.
- Une méthode de portée **protected** peut être redéfinie avec la portée **protected** ou **public**.
- Une méthode de portée **public** ne peut être redéfinie qu'avec la portée **public**.

Le changement de portée dans la redéfinition sert la plupart du temps à placer une implémentation dans la classe parente mais à laisser les classes filles qui le désirent offrir publiquement l'accès à cette méthode.

Au *chapitre précédent*, nous avions introduit les classes *Vehicule*, *Voiture* et *Moto*. En partant du principe que seules les instances de *Voiture* peuvent offrir la méthode *reculer*, nous avons ajouté cette méthode dans la classe *Voiture*. Pour cela, nous avions dû modifier l'implémentation de la classe *Vehicule* en utilisant une portée **protected** pour l'attribut *vitesse*. Nous avions alors vu que cela n'était pas totalement conforme au principe du ouvert/fermé.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
  }

  public void reculer(float vitesse) {
    this.vitesse = -vitesse;
  }

  // ...

}
```

Nous pouvons maintenant revoir notre implémentation. En fait, c'est la méthode *reculer* qui doit être déclarée dans la classe *Véhicule* avec une portée **protected**. La classe *Voiture* peut se limiter à redéfinir cette méthode en la rendant **public**.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  private float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
  }

  protected void reculer(float vitesse) {
    this.vitesse = -vitesse;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
  }

  public void reculer(float vitesse) {
    super.reculer(vitesse);
  }

  // ...

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, le mot-clé **super** permet d'appeler l'implémentation de la méthode fournie par la classe *Vehicule*. Ainsi l'attribut *vitesse* peut rester de portée **private** et les classes filles de *Vehicule* peuvent ou non donner publiquement l'accès à la méthode *reculer*.

Une méthode qui redéfinit peut avoir un type de retour différent de la méthode d'origine à condition qu'il s'agisse d'une classe qui hérite du type de retour. Si nous reprenons l'exemple d'héritage des classes *Animal*, *Chien* et *Chat*, nous pouvons définir une classe *EleveurAnimal* qui permet de créer une instance de *Animal* quand on appelle la méthode *elever* :

```
package com.cgi.formation.animal;

public class EleveurAnimal {

  public Animal elever() {
    return new Animal();
  }

}
```

Si maintenant nous créons la classe *EleveurChien* qui hérite de la classe *EleveurAnimale*, la redéfinition de la méthode *elever* peut déclarer qu'elle retourne un type *Chien*. Comme *Chien* hérite de *Animal*, la méthode qui redéfinit se présente comme une spécialisation.

```
package com.cgi.formation.animal;

public class EleveurChien extends EleveurAnimal {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public Chien elever() {
    return new Chien();
  }

}
```

14.4 Le mot-clé super

La redéfinition de méthode masque la méthode de la classe parente. Cependant, nous avons vu précédemment avec l'exemple de la méthode *reculer* que l'implémentation d'une classe fille a la possibilité d'appeler une méthode de la classe parente en utilisant le mot-clé **super**. L'appel à l'implémentation parente est très utile lorsque l'on veut effectuer une action avant et/ou après sans avoir besoin de dupliquer le code d'origine.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    // faire quelque chose avant

    super.accelerer(deltaVitesse);

    // faire quelque chose après
  }

  // ...

}
```

Il existe tout de même une limitation : si une méthode a été redéfinie plusieurs fois dans l'arborescence d'héritage, le mot-clé **super** ne permet d'appeler que l'implémentation de la classe parente. Si la classe *Voiture* a redéfini la méthode *accelerer* et que l'on crée la classe *VoitureDeCourse* héritant de la classe *Voiture*.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class VoitureDeCourse extends Voiture {

  public VoitureDeCourse(String marque) {
    super(marque);
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    // faire quelque chose avant

    super.accelerer(deltaVitesse);

    // faire quelque chose après
  }

  // ...

}
```

La redéfinition de la méthode *accelerer* peut appeler l'implémentation de *Voiture* mais il est impossible d'appeler directement l'implémentation d'origine de la classe *Vehicule* depuis la classe *VoitureDeCourse*.

14.5 L'annotation @Override

Les annotations sont des types spéciaux en Java qui commence par **@**. Les annotations servent à ajouter une information sur une classe, un attribut, une méthode, un paramètre ou une variable. Une annotation apporte une information au moment de la compilation, du chargement de la classe dans la JVM ou lors de l'exécution du code. Le langage Java proprement dit utilise relativement peu les annotations. On trouve cependant l'annotation @Override qui est très utile pour le polymorphisme. Cette annotation s'ajoute au début de la signature d'une méthode pour préciser que cette méthode est une redéfinition d'une méthode héritée. Cela permet au compilateur de vérifier que la signature de la méthode correspond bien à une méthode d'une classe parente. Dans le cas contraire, la compilation échoue.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
  }

  @Override
  public void reculer(float vitesse) {
    super.reculer(vitesse);
  }

  // ...

}
```

14.6 Les méthodes de classe

Les méthodes de classe (déclarées avec le mot-clé **static**) ne supportent pas la redéfinition. Si une classe fille déclare une méthode **static** avec la même signature que dans la classe parente, ces méthodes seront simplement vues par le compilateur comme deux méthodes distinctes.

```
package com.cgi.formation;

public class Parent {

   public static void methodeDeClasse() {
     System.out.println("appel à la méthode de la classe Parent");
   }

}
```

```
package com.cgi.formation;

public class Enfant extends Parent {

   public static void methodeDeClasse() {
     System.out.println("appel à la méthode de la classe Enfant");
   }

}
```

Dans le code ci-dessus, la classe *Enfant* hérite de la classe *Parent* et toutes deux implémentent une méthode **static** appelée *methodeDeClasse*. Le code suivant peut être source d'incompréhension :

```
Parent a = new Enfant();
a.methodeDeClasse();

Enfant b = new Enfant();
b.methodeDeClasse();
```

Le résultat de l'exécution de ce code est :

```
appel à la méthode de la classe Parent
appel à la méthode de la classe Enfant
```

Comme les méthodes sont **static**, la redéfinition ne s'applique pas et la méthode appelée dépend du type de la variable et non du type de l'objet référencé par la variable. Cet exemple illustre pourquoi il est très fortement conseillé d'appeler les méthodes **static** à partir du nom de la classe et non pas d'une variable afin d'éviter toute ambiguïté.

```
Parent.methodeDeClasse();
Enfant.methodeDeClasse();
```

14.7 Méthode finale

Une méthode peut avoir le mot-clé **final** dans sa signature. Cela signifie que cette méthode ne peut plus être redéfinie par les classes qui en hériteront. Tenter de redéfinir une méthode déclarée **final** conduit à une erreur de compilation. L'utilisation du mot-clé **final** pour une méthode est réservée à des cas très spécifiques (et très rares). Par exemple si on souhaite garantir qu'une méthode aura toujours le même comportement même dans les classes qui en héritent.

Note : Même si les méthodes **static** n'autorisent pas la redéfinition, elles peuvent être déclarées **final**. Dans ce cas, il n'est pas possible d'ajouter une méthode de classe qui a la même signature dans les classes qui en héritent.

14.8 Constructeur et polymorphisme

Les constructeurs sont des méthodes particulières qu'il n'est pas possible de redéfinir. Les constructeurs créent une séquence d'appel qui garantit qu'ils seront exécutés en commençant par la classe la plus haute dans la hiérarchie d'héritage. Puisque toutes les classes Java héritent de la classe Object, cela signifie que le constructeur de Object est toujours appelé en premier.

Cependant un constructeur peut appeler une méthode et dans ce cas le polymorphisme s'applique. Comme les constructeurs sont appelés dans l'ordre de la hiérarchie d'héritage, cela signifie qu'un constructeur invoque toujours une méthode redéfinie avant que la classe fille qui l'implémente n'ait pu être initialisée.

Par exemple, si nous disposons d'un classe *VehiculeMotorise* qui redéfinit la méthode *accelerer* pour prendre en compte la consommation d'essence :

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class VehiculeMotorise extends Vehicule {

  private Moteur moteur;

  public VehiculeMotorise(String marque) {
    super(marque);
    this.moteur = new Moteur();
  }

  @Override
  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    moteur.consommer(deltaVitesse);
    super.accelerer(deltaVitesse);
  }

  // ...

}
```

Si maintenant nous faisons évoluer la classe *Vehicule* pour créer une instance avec une vitesse minimale :

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
    this.accelerer(10);
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  // ...

}
```

Que va-t-il se passer à l'exécution de ce code :

```
VehiculeMotorise vehiculeMotorise = new VehiculeMotorise("DeLorean");
```

Le constructeur de *VehiculeMotorise* commence par appeler le constructeur de *Vehicule*. Ce dernier appelle implicitement le constructeur de Object (qui ne fait rien) puis il initialise l'attribut *marque* et il appelle la méthode *accelerer*. Comme cette dernière est redéfinie, c'est en fait l'implémentation fournie par *VehiculeMotorise* qui est appelée. Cette implémentation commence par appeler une méthode sur l'attribut *moteur* qui n'a pas encore été initialisé. Donc sa valeur est nulle et donc la création d'une instance de *VehiculeMotorise* échoue systématiquement avec une erreur du type NullPointerException.

On voit par cet exemple que l'appel de méthode dans un constructeur peut amener à des situations complexes. Il est fortement recommandé d'appeler dans un constructeur des méthodes dont le comportement ne peut pas être modifié par la redéfinition : soit des méthodes déclarées **private** soit des méthodes déclarées **final**.

14.9 Masquage des attributs par héritage

Il est possible de déclarer dans une classe fille un attribut portant le même nom que dans la classe parente. Cependant ceci ne correspond ni à une redéfinition ni au principe du polymorphisme. L'attribut de la classe fille se contente de masquer l'attribut de la classe parente.

Si l'attribut est de portée **private**, créer une attribut avec le même nom dans une classe fille n'a aucun impact particulier. Cela permet d'isoler l'état interne de la classe parente par rapport à sa classe fille.

Si l'attribut est de portée package, **protected** ou **public** alors l'attribut de la classe parente est simplement masqué dans la classe fille. Si une classe fille veut accéder à l'attribut de la classe parente, elle peut le faire à travers le mot-clé **super**.

```java
package com.cgi.formation;

public class Personne {

  protected String nom;

  public Personne(String nom) {
    this.nom = nom;
  }

  // ...

}
```

```java
package com.cgi.formation;

public class HerosMasque extends Personne {

  private String nom;

  public HerosMasque(String nom, String nomHeros) {
    super(nom);
    this.nom = nomHeros;
  }

  @Override
  public String toString() {
    // mmmmh ! Pas très clair
    return this.nom + " dont l'identité secrète est " + super.nom;
  }

  // ...

}
```

En raison de la difficulté de compréhension que cela peut entraîner, il est préférable de ne jamais créer dans une classe fille un attribut portant le même nom que celui d'un attribut de portée package, **protected** ou **public** d'une de ses classes parentes.

14.10 Le principe du ouvert/fermé

Le principe du ouvert/fermé stipule qu'une classe doit être conçue pour être ouverte en extension mais fermée en modification.

D'un côté, si une classe hérite d'une autre classe, elle doit pouvoir ajouter des nouveaux comportements avec de nouvelles méthodes. Par contre la redéfinition de méthode ne doit pas être utilisée pour créer une implémentation qui a un comportement trop différent de celui de la classe parente.

D’une autre côté, si une classe hérite d’une autre classe, elle ne doit pas pouvoir modifier le fonctionnement décrit par la classe parente. En Java, pour interdire de modifier le comportement d’une classe, on peut déclarer ses attributs **private** et les méthodes jugées les plus critiques peuvent être déclarées **final**.

CHAPITRE 15

Les classes abstraites

Nous avons vu que l'héritage est un moyen de mutualiser du code dans une classe parente. Parfois cette classe représente une abstraction pour laquelle il n'y a pas vraiment de sens de créer une instance. Dans ce cas, on peut considérer que la généralisation est *abstraite*.

Note : Par opposition, on appelle *classe concrète* une classe qui n'est pas abstraite.

15.1 Déclarer une classe abstraite

Si nous reprenons notre exemple de la classe Vehicule :

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

  // ...

}
```

Cette classe peut avoir plusieurs classes filles comme *Voiture* ou *Moto*. Finalement, la classe *Vehicule* permet de faire apparaître un type à travers lequel il sera possible de manipuler des instances de *Voiture* ou de *Moto*. Il y a peu d'intérêt dans ce contexte à créer une instance de *Vehicule*. Nous pouvons très facilement l'empêcher en déclarant par exemple le constructeur avec une portée **protected**. En Java, nous avons également la possibilité de déclarer cette classe comme abstraite (**abstract**).

```
package com.cgi.formation.conduite;

public abstract class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
  }

  // ...

}
```

Le mot-clé **abstract** ajouté dans la déclaration de la classe indique maintenant que cette classe représente une abstraction pour laquelle il n'est pas possible de créer directement une instance de ce type.

```
  Vehicule v = new Vehicule("X"); // ERREUR DE COMPILATION : LA CLASSE EST ABSTRAITE
```

Note : En Java, il n'est pas possible de combiner **abstract** et **final** dans la déclaration d'une classe car cela n'aurait aucun sens. Une classe abstraite ne pouvant être instanciée, il faut nécessairement qu'il existe une ou des classes filles.

15.2 Déclarer une méthode abstraite

Un classe abstraite peut déclarer des méthodes abstraites. Une méthode abstraite possède une signature mais pas de corps. Cela signifie qu'une classe qui hérite de cette méthode doit la redéfinir pour en fournir une implémentation (sauf si cette classe est elle-même abstraite).

Par exemple, un véhicule peut donner son nombre de roues. Plutôt que d'utiliser un attribut pour stocker le nombre de roues, il est possible de faire du nombre de roues une propriété abstraite de la classe.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public abstract class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public abstract int getNbRoues();


  // ...

}
```

Toutes les classes concrètes héritant de *Vehicule* doivent maintenant fournir une implémentation de la méthode *getNbRoues* pour pouvoir compiler.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Voiture extends Vehicule {

  public Voiture(String marque) {
    super(marque);
  }

  @Override
  public int getNbRoues() {
    return 4;
  }

  // ...

}
```

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Moto extends Vehicule {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public Moto(String marque) {
    super(marque);
  }

  @Override
  public int getNbRoues() {
    return 2;
  }

  // ...

}
```

Une méthode abstraite peut avoir plusieurs utilités. Comme dans l'exemple précédent, elle peut servir à gagner en abstraction dans notre modèle. Mais elle peut aussi permettre à une classe fille d'adapter le comportement d'un algorithme ou d'un composant logiciel.

```
package com.cgi.formation.tableur;

public abstract class Tableur {

  public void mettreAJour() {
    tracerLignesEtColonnes();
    int premiereLigne = getPremiereLigneAffichee();
    int premiereColonne = getPremierColonneAffichee();
    int derniereLigne = getDerniereLigneAffichee();
    int derniereColonne = getDerniereColonneAffichee();

    for (int ligne = premiereLigne; ligne <= derniereLigne; ++ligne) {
      for (int colonne = premiereColonne; colonne <= derniereColonne; ++colonne) {
        String contenu = getContenu(ligne, colonne);
        afficherContenu(ligne, colonne, contenu);
      }
    }
  }

  protected abstract String getContenu(int ligne, int colonne);

  private void afficherContenu(int ligne, int colonne, String contenu) {
    // ...
  }

  private int getDerniereColonneAffichee() {
    // ...
  }

  private int getDerniereLigneAffichee() {
    // ...
  }

  private int getPremierColonneAffichee() {
    // ...
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    private int getPremiereLigneAffichee() {
      // ...
    }

    private void tracerLignesEtColonnes() {
      // ...
    }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, on imagine une classe *Tableur* qui permet d'afficher un tableau à l'écran en fonction des lignes et des colonnes visibles. Il s'agit d'une classe abstraite et les classes qui spécialisent cette classe doivent fournir une implémentation de la méthode abstraite *getContenu* afin de fournir le contenu de chaque cellule affichée par le tableur.

CHAPITRE 16

La classe Object

Java est un langage qui ne supporte que l'héritage simple. L'arborescence d'héritage est un arbre dont la racine est la classe Object. Si le développeur ne précise pas de classe parente dans la déclaration d'une classe, alors la classe hérite implicitement de Object.

La classe Object fournit des méthodes communes à toutes les classes. Certaines de ces méthodes doivent être redéfinies dans les classes filles pour fonctionner correctement.

Note : Rien ne vous interdit de créer une instance de Object.

```
Object myObj = new Object();
```

16.1 La méthode equals

En Java, l'opérateur **==** sert à comparer les références. Il ne faut donc **jamais** l'utiliser pour comparer des objets. La comparaison d'objets se fait grâce à la méthode equals héritée de la classe Object.

```
Vehicule v1 = new Voiture("DeLorean");
Vehicule v2 = new Moto("Kaneda");

if (v1.equals(v1)) {
  System.out.println("v1 est identique à lui-même.");
}
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
if (v1.equals(v2)) {
  System.out.println("v1 est identique à v2.");
}
```

L'implémentation par défaut de equals fournie par Object compare les références entre elles. L'implémentation par défaut est donc simplement :

```
public boolean equals(Object obj) {
  return (this == obj);
}
```

Prudence : Il ne faut pas déduire de l'implémentation par défaut qu'il est possible d'utiliser **==** pour comparer des objets. N'importe quelle classe héritant de la classe Object peut modifier ce comportement : à commencer par une des classes les plus utilisée en Java, la classe String.

Parfois, l'implémentation par défaut peut suffire. C'est notamment le cas lorsque l'unicité en mémoire suffit à identifier un objet. Cependant, si nous ajoutons la notion de plaque d'immatriculation à notre classe *Vehicule* :

```
public class Vehicule {

  private String immatriculation;
  private final String marque;

  public Vehicule(String immatriculation, String marque) {
    this.immatriculation = immatriculation;
    this.marque = marque;
  }

  // ...

}
```

Alors l'attribut immatriculation introduit l'idée d'identification du véhicule. Il est donc judicieux de considérer que deux véhicules sont égaux s'ils ont la même immatriculation. Dans ce cas, il faut redéfinir la méthode equals.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private String immatriculation;
  private final String marque;

  public Vehicule(String immatriculation, String marque) {
    this.immatriculation = immatriculation;
    this.marque = marque;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

  @Override
  public boolean equals(Object obj) {
    if (! (obj instanceof Vehicule)) {
      return false;
    }
    Vehicule vehicule = (Vehicule) obj;
    return this.immatriculation != null &&
           this.immatriculation.equals(vehicule.immatriculation);

  }

  // ...

}
```

Dans l'exemple précédent, notez l'utilisation de **instanceof** pour vérifier que l'objet en paramètre est bien compatible avec le type *Vehicule* (sinon la méthode retourne **false**). En effet, la signature de equals impose que le paramètre soit de type Object. Il est donc important de commencer par vérifier que le paramètre est d'un type acceptable pour la comparaison. Notez également, que l'implémentation est telle que deux véhicules n'ayant pas de plaque d'immatriculation ne sont pas identiques.

L'implémentation de equals doit être conforme à certaines règles pour s'assurer qu'elle fonctionnera correctement, notamment lorsqu'elle est utilisée par l'API standard ou par des bibliothèques tierces.

- **Son implémentation doit être réflexive :** Pour x non nul, x.equals(x) doit être vrai
- **Son implémentation doit être symétrique :** Si x.equals(y) est vrai alors y.equals(x) doit être vrai
- **Son implémentation doit être transitive :** Pour x, y et z non nuls

  Si x.equals(y) est vrai

  Et si y.equals(z) est vrai

  Alors x.equals(z) doit être vrai
- **Son implémentation doit être consistante** Pour x et y non nuls

  Si x.equals(y) est vrai alors il doit rester vrai tant que l'état de x et de y est inchangé.
- Si x est non nul alors x.equals(null) doit être faux.

Note : Il est parfois facile d'introduire un bug en Java.

```
if (x.equals(y)) {
  // ...
}
```

Le code ci-dessus ne teste pas la possibilité pour la variable *x* de valoir **null**, entraînant ainsi une erreur de type NullPointerException. Il ne faut donc pas oublier de tester la valeur **null** :

```
if (x != null && x.equals(y)) {
  // ...
}
```

Lorsque l'un des deux termes est une constante, alors il est plus simple de placer la constante à gauche de l'expression de façon à éviter le problème de la nullité. En effet, equals doit retourner **false** si le paramètre vaut **null**. Cela est notamment très pratique pour comparer une chaîne de caractères avec une constante :

```
if ("Message à comparer".equals(msg)) {
  // ...
}
```

On peut aussi utiliser la classe outil java.util.Objects qui fournit la méthode de classe equals(Object, Object) pour prendre en charge le cas de la valeur **null**. Notez toutefois que equals(Object, Object) retourne **true** si les deux paramètres valent **null**.

16.2 La méthode hashCode

La méthode hashCode est fournie pour l'utilisation de certains algorithmes, notamment pour l'utilisation de table de hachage. Le principe d'un algorithme de hachage est d'associer un identifiant à un objet. Cet identifiant doit être le même pour la durée de vie de l'objet. De plus, deux objets égaux doivent avoir le même code de hachage.

L'implémentation de cette méthode peut se révéler assez technique. En général, on se basera sur les attributs utilisés dans l'implémentation de la méthode equals pour en déduire le code de hachage.

Cette méthode ne doit être redéfinie que si cela est réellement utile. Par exemple si une instance de cette classe doit servir de clé pour une instance de HashMap.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private String immatriculation;
  private final String marque;

  public Vehicule(String immatriculation, String marque) {
    this.immatriculation = immatriculation;
    this.marque = marque;
  }

  @Override
  public boolean equals(Object obj) {
    if (! (obj instanceof Vehicule)) {
      return false;
    }
    Vehicule vehicule = (Vehicule) obj;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    return this.immatriculation != null &&
           this.immatriculation.equals(vehicule.immatriculation);

  }

  @Override
  public int hashCode() {
    return immatriculation == null ? 0 : immatriculation.hashCode();
  }

  // ...

}
```

16.3 La méthode toString

La méthode toString est une méthode très utile, notamment pour le débugage et la production de log. Elle permet d'obtenir une représentation sous forme de chaîne de caractères d'un objet. Elle est implicitement appelée par le compilateur lorsqu'on concatène une chaîne de caractères avec un objet.

Par défaut l'implémentation de la méthode toString dans la classe Object retourne le type de l'objet suivi de @ suivi du code de hachage de l'objet. Il suffit de redéfinir cette méthode pour obtenir la représentation souhaitée.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  @Override
  public String toString() {
    return "Véhicule de marque " + marque;
  }

  // ...

}
```

```
Vehicule v = new Vehicule("DeLorean");

String msg = "Objet créé : " + v;

System.out.println(msg); // "Objet créé : Véhicule de marque DeLorean"
```

16.4 La méthode finalize

La méthode finalize est appelée par le ramasse-miettes avant que l'objet ne soit supprimé et la mémoire récupérée. Redéfinir cette méthode donne donc l'opportunité au développeur de déclencher un traitement avant que l'objet ne disparaisse. Cependant, nous avons déjà vu dans le chapitre sur le *cycle de vie* que le fonctionnement du ramasse-miettes ne donne aucune garantie sur le fait que cette méthode sera appelée.

16.5 La méthode clone

La méthode clone est utilisée pour cloner une instance, c'est-à-dire obtenir une copie d'un objet. Par défaut, elle est déclarée **protected** car toutes les classes ne désirent pas permettre de cloner une instance.

Pour qu'un objet soit clonable, sa classe doit implémenter l'interface marqueur Cloneable. L'implémentation par défaut de la méthode dans Object consiste à jeter une exception CloneNotSupportedException si l'interface Cloneable n'est pas implémentée. Si l'interface est implémentée, alors la méthode crée une nouvelle instance de la classe et affecte la même valeur que l'instance d'origine aux attributs de la nouvelle instance. L'implémentation par défaut de clone n'appelle pas les constructeurs pour créer la nouvelle instance.

Prudence : L'implémentation par défaut de la méthode clone ne réalise pas un clonage en profondeur. Cela signifie que si les attributs de la classe d'origine référencent des objets, les attributs du clone référenceront les mêmes objets. Si ce comportement n'est pas celui désiré, alors il faut fournir une nouvelle implémentation de la méthode clone dans la classe.

Note : Par défaut, tous les tableaux implémentent l'interface Cloneable et redéfinissent la méthode clone afin de la rendre **public**. On peut donc directement cloner des tableaux en Java si on désire en obtenir une copie.

```
int[] tableau = {1, 2, 3, 4};
int[] tableauClone = tableau.clone();
```

16.6 La méthode getClass

La méthode getClass permet d'accéder à l'objet représentant la classe de l'instance. Cela signifie qu'un programme Java peut accéder par programmation à la définition de la classe d'une instance. Cette méthode est notamment très utilisée dans des usages avancés impliquant la *réflexivité*.

L'exemple ci-dessous, affiche le nom complet (c'est-à-dire en incluant son package) de la classe d'un objet :

```
Vehicule v = new Vehicule("DeLorean");

System.out.println(v.getClass().getName());
```

16.7 Les méthodes de concurrence

La classe Object fournit un ensemble de méthodes qui sont utilisées pour l'échange de signaux dans la programmation concurrente. Il s'agit des méthodes notify, notifyAll et wait.

CHAPITRE 17

La classe String

En Java, les chaînes de caractères sont des instances de la classe String. Les chaînes de caractères écrites littéralement sont toujours délimitées par des guillemets :

```
"Hello World"
```

17.1 String et tableau de caractères

Contrairement à d'autres langages de programmation, une chaîne de caractères ne peut pas être traitée comme un tableau. Si on souhaite accéder à un caractère de la chaîne à partir de son index, il faut utiliser la méthode String.charAt. On peut ainsi parcourir les caractères d'une chaîne :

```
String s = "Hello World";

for (int i = 0; i < s.length(); ++i) {
  char c = s.charAt(i);
  System.out.println(c);
}
```

La méthode String.length permet de connaître le nombre de caractères dans la chaîne. Il n'est malheureusement pas possible d'utiliser un for amélioré pour parcourir les caractères d'une chaîne car la classe String n'implémente pas l'interface Iterable. Par contre, il est possible d'obtenir un tableau des caractères avec la méthode String.toCharArray. On peut alors parcourir ce tableau avec un for amélioré.

```java
String s = "Hello World";

for (char c : s.toCharArray()) {
  System.out.println(c);
}
```

Note : La méthode String.toCharArray a l'inconvénient de créer un tableau de la même longueur que la chaîne et de copier un à un les caractères. Si votre programme manipule intensivement des chaînes de caractères de taille importante, cela peut être pénalisant pour les performances. Depuis Java 8, il existe avec une nouvelle solution à ce problème avec un impact mémoire quasi nul : l'utilisation des streams et des lambdas.

```java
String s = "Hello World";
s.chars().forEach(c -> System.out.println((char)c));
```

17.2 Quelques méthodes utilitaires

Voici ci-dessous, quelques méthodes utiles fournies par la classe String. Reportez-vous à la documentation de la classe pour consulter la liste complète des méthodes.

String.equals

Compare la chaîne de caractères avec une autre chaînes de caractères.

```java
System.out.println("a".equals("a"));   // true
System.out.println("a".equals("ab"));  // false
System.out.println("ab".equals("AB")); // false
```

String.equalsIgnoreCase

Comme la méthode précédente sauf que deux chaînes qui ne diffèrent que par la casse seront considérées comme identiques.

```java
System.out.println("a".equalsIgnoreCase("a"));   // true
System.out.println("a".equalsIgnoreCase("ab"));  // false
System.out.println("ab".equalsIgnoreCase("AB")); // true
```

String.compareTo

Compare la chaîne de caractères avec une autre chaînes de caractères. La comparaison se fait suivant la taille des chaînes et l'ordre lexicographique des caractères. Cette méthode retourne 0 si les deux chaînes sont identiques, une valeur négative si la première est inférieure à la seconde et une valeur positive si la première est plus grande que la seconde.

```
System.out.println("a".compareTo("a"));   // 0
System.out.println("a".compareTo("ab"));  // < 0
System.out.println("ab".compareTo("a"));  // > 0
System.out.println("ab".compareTo("az")); // < 0
System.out.println("ab".compareTo("AB")); // > 0
```

String.compareToIgnoreCase

Comme la méthode précédente sauf que deux chaînes qui ne diffèrent que par la casse seront considérées comme identiques.

```
System.out.println("a".compareToIgnoreCase("a"));   // 0
System.out.println("a".compareToIgnoreCase("ab"));  // < 0
System.out.println("ab".compareToIgnoreCase("a"));  // > 0
System.out.println("ab".compareToIgnoreCase("az")); // < 0
System.out.println("ab".compareToIgnoreCase("AB")); // 0
```

String.concat

Concatène les deux chaînes dans une troisième. Cette méthode est équivalente à l'utilisation de l'opérateur **+**.

```
String s = "Hello".concat(" ").concat("World"); // "Hello World"
```

String.contains

Retourne **true** si la chaîne contient une séquence de caractères donnée.

```
boolean b = "Hello World".contains("World"); // true
b = "Hello World".contains("Monde");         // false
```

String.endsWith

Retourne **true** si la chaîne se termine par une chaîne de caractères donnée.

```
boolean b = "Hello World".endsWith("World"); // true
b = "Hello World".endsWith("Hello");         // false
```

String.startsWith

Retourne **true** si la chaîne commence par une chaîne de caractères donnée.

```
boolean b = "Hello World".endsWith("Hello"); // true
b = "Hello World".endsWith("World");         // false
```

String.isEmpty

Retourne **true** si la chaîne est la chaîne vide (*length()* vaut 0)

```
boolean b = "".isEmpty();    // true
b = "Hello World".isEmpty(); // false
```

String.length

Retourne le nombre de caractères dans la chaîne.

```
int n = "Hello World".length(); // 11
```

String.replace

Remplace un caractère par un autre dans une nouvelle chaîne de caractères.

```
String s = "Hello World".replace('l', 'x'); // "Hexxo Worxd"
```

Cette méthode est surchargée pour accepter des chaînes de caractères comme paramètres.

```
String s = "Hello World".replace(" World", ""); // "Hello"
```

String.substring

Crée une nouvelle sous-chaîne à partir de l'index de début et jusqu'à l'index de fin (non inclus).

```
String s = "Hello World".substring(2, 4); // "ll"
s = "Hello World".substring(0, 5);        // "Hello"
```

String.toLowerCase

Crée une chaîne de caractères équivalente en minuscules.

```
String s = "Hello World".toLowerCase(); // "hello world"
```

String.toUpperCase

Crée une chaîne de caractères équivalente en majuscules.

```
String s = "Hello World".toUpperCase(); // "HELLO WORLD"
```

String.trim

Crée une nouvelle chaîne de caractères en supprimant les espaces au début et à la fin.

```
String s = "       Hello World      ".trim(); // "Hello World"
```

17.3 Construction d'une instance de String

La classe String possède plusieurs constructeurs qui permettent de créer une chaîne de caractères avec l'opérateur **new**.

```java
String s1 = new String(); // chaîne vide

String hello = "Hello World";
String s2 = new String(hello); // copie d'un chaîne

char[] tableau = {'H', 'e', 'l', 'l', 'o', ' ', 'W', 'o', 'r', 'l', 'd'};
String s3 = new String(tableau); // à partir d'un tableau de caractères.

byte[] tableauCode = {72, 101, 108, 108, 111, 32, 87, 111, 114, 108, 100};
String s4 = new String(tableauCode); // à partir d'un tableau de code UTF-16
```

17.4 Immutabilité des chaînes de caractères

Les instances de la classe String sont immutables. Cela signifie qu'il est impossible d'altérer le contenu de la chaîne de caractères une fois qu'elle a été créée. Si vous reprenez la liste des méthodes ci-dessus, vous verrez que toutes les méthodes qui *modifient* le contenu de la chaîne de caractères crée une nouvelle chaîne de caractères et laissent intacte la chaîne d'origine. Cela signifie que des opérations intensives sur les chaînes de caractères peuvent être pénalisantes pour le temps d'exécution et l'occupation mémoire puisque toutes les opérations se font finalement par copie.

Nous avons vu qu'il n'existe pas réellement de constante en Java mais uniquement des attributs déclarés avec **static** et **final**. Cette immutabilité permet de garantir qu'une variable de String déclarée **static** et **final** ne peut plus être modifié.

La JVM tire également partie de cette immutabilité afin de réaliser des optimisations de place mémoire. Si par exemple vous écrivez plusieurs fois dans le code source la même chaîne de caractères, la JVM ne créera pas un nouvel emplacement mémoire pour cette chaîne. Ainsi, il est possible d'avoir des comportements assez déroutants au premier abord en Java :

```java
1 String s = "test";
2
3 System.out.println(s == "test");                  // true
4 System.out.println(s == new String("test"));      // false
5 System.out.println(new String("test") == "test"); // false
```

Dans le code ci-dessus, on utilise l'opérateur **==** donc on ne compare pas le contenu des chaînes de caractères mais la référence des objets. La chaîne de caractères « test » apparaît plusieurs fois dans le code. Donc quand la JVM va charger la classe qui contient ce code, elle ne créera qu'une et une seule fois l'instance de String pour « test ». Voilà pourquoi la ligne 3 affiche **true**. Le contenu de la variable *s* référence exactement la même instance de String. Par contre, les lignes 4 et 5 créent explicitement une nouvelle instance de String avec l'opérateur **new**. Il s'agit donc de nouveaux objets avec de nouvelles références.

17.5 La classe StringBuilder

La classe StringBuilder permet de construire une chaîne de caractères par ajout (concaténation) ou insertion d'élements. Il est même possible de supprimer des portions. La quasi totalité des méthodes de la classe StringBuilder retourne l'instance courante du StringBuilder ce qui permet de chaîner les appels en une seule instruction. Pour obtenir la chaîne de caractères, il suffit d'appeler la méthode StringBuilder.toString.

```
StringBuilder sb = new StringBuilder();
sb.append("Hello")
  .append(" ")
  .append("world")
  .insert(5, " the")    // On insère la chaîne à l'index 5
  .append('!');
System.out.println(sb); // "Hello the world!"

sb.reverse();
System.out.println(sb); // "!dlrow eht olleH"

sb.deleteCharAt(0).reverse();
System.out.println(sb); // "Hello the world"
```

La classe StringBuilder permet de pallier au fait que les instances de la classe String sont immutables. D'ailleurs, l'opérateur **+** de concaténation de chaînes n'est qu'un sucre syntaxique, le compilateur le remplace par une utilisation de la classe StringBuilder.

```
String s1 = "Hello";
String s2 = "the";
String s3 = "world";
String message = s1 + " " + s2 + " " + s3; // "Hello the world"
```

Le code ci-dessus sera en fait interprété par le compilateur comme ceci :

```
String s1 = "Hello";
String s2 = "the";
String s3 = "world";
String message = new StringBuilder().append(s1).append(" ").append(s2).append(" ").
↪append(s3).toString();
```

17.6 Formatage de texte

La méthode de classe String.format permet de passer une chaîne de caractères décrivant un formatage ainsi que plusieurs objets correspondant à des paramètres du formatage.

```
String who = "the world";
String message = String.format("Hello %s!", who);

System.out.println(message); // "Hello the world!"
```

Dans l'exemple ci-dessus, la chaîne de formatage « Hello %s » contient un paramètre identifié par *%s* (s signifie que le paramètre attendu est de type String.

Un paramètre dans la chaîne de formatage peut contenir différente information :

%[index$][flags][taille]conversion

L'index est la place du paramètre dans l'appel à la méthode String.format.

```
int quantite = 12;
LocalDate now = LocalDate.now();

String message = String.format("quantité = %1$010d au %2$te %2$tB %2$tY", quantite,␣
↪now);

System.out.println(message); // "quantité = 0000000012 au 5 septembre 2017"
```

Il existe également une définition de la méthode String.format qui attend une instance de Locale en premier paramètre. La locale indique la langue du message et permet de formater les nombres, les dates, etc comme attendu.

```
int quantite = 12;
LocalDate now = LocalDate.now();

String message = String.format(Locale.ENGLISH, "quantity = %1$010d on %2$te %2$tB %2
↪$tY", quantite, now);

System.out.println(message); // "quantity = 0000000012 on 5 september 2017"
```

Pour mieux comprendre la syntaxe des paramètres dans une chaîne de formatage, reportez-vous à la documentation du Formatter qui est utilisé par la méthode String.format.

Note : Il est également possible de formater des messages avec la classe MessageFormat. Il s'agit d'une classe plus ancienne qui offre une syntaxe différente pour décrire les paramètres dans la chaîne de formatage.

17.7 Les expressions régulières

Certaines méthodes de la classe String acceptent comme paramètre une expression régulière (*regular expression* ou *regexp*). Une expression régulière permet d'exprimer avec des motifs un ensemble de chaînes de caractères possibles. Par exemple la méthode String.matches prend un paramètre de type String qui est interprété comme

une expression régulière. Cette méthode retourne **true** si la chaîne de caractères est conforme à l'expression régulière passée en paramètre.

```
boolean match = "hello".matches("hello");
System.out.println(match); // true
```

L'intérêt des expressions régulières est qu'elles peuvent contenir des classes de caractères, c'est-à-dire des caractères qui sont interprétés comme représentant un ensemble de caractères.

Tableau 1 – Les classes de caractères dans une expression régulière

.	N'importe quel caractère
[abc]	Soit le caractère a, soit le caractère b, soit le caractère c
[a-z]	N'importe quel caractère de a à z
[^a-z]	N'importe quel caractère qui n'est pas entre a et z
\s	Un caractère d'espacement (espace, tabulation, retour à la ligne, retour chariot, saut de ligne)
\S	Un caractère qui n'est pas un caractère d'espacement (équivalent à [^\s]
\d	Un caractère représentant un chiffre (équivalent à [0-9]
\D	Un caractère ne représentant pas un chiffre (équivalent à [^0-9])
\w	Un caractère composant un mot (équivalent à [a-zA-Z_0-9]
\W	Un caractère ne composant pas un mot (équivalent à [^\w])

```
String s = "hello";
System.out.println(s.matches("....."));           // true
System.out.println(s.matches("h[a-m]llo"));       // true
System.out.println(s.matches("\\w\\w\\w\\w\\w")); // true
System.out.println(s.matches("h\\D\\S.o"));       // true
```

Une expression régulière peut contenir des quantificateurs qui permettent d'indiquer une séquence de caractères dans la chaîne.

Tableau 2 – Les quantificateurs dans une expression régulière

X?	X est présent zéro ou une fois
X*	X est présent zéro ou n fois
X+	X est présent au moins une fois
X{n}	X est présent exactement n fois
X{n,}	X est présent au moins n fois
X{n,m}	X est présent entre n et m fois

```
String s = "hello";
System.out.println(s.matches(".*"));              // true
System.out.println(s.matches(".+"));              // true
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
System.out.println(s.matches("X?hel+oW?"));          // true
System.out.println(s.matches(".+l{2}o"));            // true
System.out.println(s.matches("[eh]{0,2}l{1,100}o")); // true
```

Note : Il existe beaucoup d'autres motifs qui peuvent être utilisés dans une expression régulière. Reportez-vous à la documentation Java.

Il est possible d'utiliser la méthode String.replaceFirst ou String.replaceAll pour remplacer respectivement la première ou toutes les occurrences d'une séquence de caractères définie par une expression régulière.

```
String s = "hello";
System.out.println(s.replaceAll("[aeiouy]", "^_^")); // h^_^ll^_^
```

La méthode String.split permet de découper une chaîne de caractères en tableau de chaînes de caractère en utilisant une expression régulière pour identifier le séparateur.

```
String s = "hello the world";

// ["hello", "the", "world"]
String[] tab = s.split("\\W");

// ["hello", "world"]
tab = s.split(" the ");

// ["he", "", "", "the w", "r", "d"]
tab = s.split("[ol]");
```

Note : Les expressions régulières sont représentées en Java par la classe Pattern. Il est possible de créer des instances de cette classe en compilant une expression régulière à l'aide de la méthode de classe Pattern.compile.

CHAPITRE 18

Les exceptions

La gestion des cas d'erreur représente un travail important dans la programmation. Les sources d'erreur peuvent être nombreuses dans un programme. Il peut s'agir :

- d'une défaillance physique ou logiciel de l'environnement d'exécution. Par exemple une erreur survient lors de l'accès à un fichier ou à la mémoire.
- d'un état atteint par un objet qui ne correspond pas à un cas prévu. Par exemple si une opération demande à positionner une valeur négative alors que cela n'est normalement pas permis par la spécification du logiciel.
- d'une erreur de programmation. Par exemple, un appel à une méthode est réalisé sur une variable dont la valeur est **null**.
- et bien d'autres cas encore…

La robustesse d'une application est souvent comprise comme sa capacité à continuer à rendre un service acceptable dans un environnement dégradé, c'est-à-dire quand toutes les conditions attendues normalement ne sont pas satisfaites.

En Java, la gestion des erreurs se confond avec la gestion des cas exceptionnels. On utilise alors le mécanisme des exceptions.

18.1 Qu'est-ce qu'une exception ?

Une exception est une classe Java qui représente un état particulier et qui hérite directement ou indirectement de la classe Exception. Par convention, le nom de la classe doit permettre de comprendre le type d'exception et doit se terminer par Exception.

Exemple de classes d'exception fournies par l'API standard :

NullPointerException Signale qu'une référence **null** est utilisée pour invoquer une méthode ou accéder à un attribut.

NumberFormatException Signale qu'il n'est pas possible de convertir une chaîne de caractères en nombre car la chaîne de caractère ne correspond pas à un nombre valide.

IndexOutOfBoundsException Signale que l'on tente d'accéder à un indice de tableau en dehors des valeurs permises.

Pour créer sa propre exception, il suffit de créer une classe héritant de la classe java.lang.Exception.

```
package com.cgi.formation.heroes;

public class FinDuMondeException extends Exception {

  public FinDuMondeException() {
  }

  public FinDuMondeException(String message) {
    super(message);
  }
}
```

Note : La classe Exception fournit plusieurs constructeurs que l'on peut ou non appeler depuis la classe fille.

Une exception étant un objet, elle possède son propre état et peut ainsi stocker des informations utiles sur les raisons de son apparition.

```
package com.cgi.formation.heroes;
import java.time.Instant;

public class FinDuMondeException extends Exception {

  private Instant date;

  public FinDuMondeException() {
    this(Instant.now());
  }

  public FinDuMondeException(Instant instant) {
    super("La fin du monde est survenue le " + instant);
    this.date = instant;
  }

  public Instant getDate() {
    return date;
  }
}
```

18.2 Signaler une exception

Dans les langages de programmation qui ne supportent pas le mécanisme des exceptions, on utilise généralement un code retour ou une valeur booléenne pour savoir si une fonction ou une méthode s'est déroulée correctement. Cette mécanique se révèle assez fastidieuse dans son implémentation car cela signifie qu'un développeur doit tester dans son programme toutes les valeurs retournées par les fonctions ou les méthodes appelées

Les exceptions permettent d'isoler le code responsable du traitement de l'erreur. Cela permet d'améliorer la lisibilité du code source.

Lorsqu'un programme détecte un état exceptionnel, il peut le signaler en *jetant* une exception grâce au mot-clé **throw**.

```
if(isPlanDiaboliqueReussi()) {
  throw new FinDuMondeException();
}
```

Note : La classe Exception hérite de la classe Throwable. Le mot-clé **throw** peut en fait être utilisé avec n'importe quelle instance qui hérite directement ou indirectement de Throwable.

Jeter une exception signifie que le flot d'exécution normal de la méthode est interrompu jusqu'au point de traitement de l'exception. Si aucun point de traitement n'est trouvé, le programme s'interrompt.

18.3 Traiter une exception

Pour traiter une exception, il faut d'abord délimiter un bloc de code avec le mot-clé **try**. Ce bloc de code correspond au flot d'exécution pour lequel on souhaite éventuellement *attraper* une exception qui serait jetée afin d'implémenter un traitement particulier. Le bloc **try** peut être suivi d'un ou plusieurs blocs **catch** pour intercepter une exception d'un type particulier.

```
1  try {
2    if (heros == null) {
3      throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
4    }
5
6    boolean victoire = heros.combattre(espritDuMal);
7    boolean planDejoue = heros.desamorcer(machineInfernale);
8
9    if (!victoire || !planDejoue) {
10     throw new FinDuMondeException();
11   }
12
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
13    heros.setPoseVictorieuse();
14
15  } catch (FinDuMondeException fdme) {
16    // ...
17  }
```

Dans l'exemple ci-dessus, si la variable *heros* vaut **null** alors le traitement du bloc **try** est interrompu à la ligne 3 par une NullPointerException. Sinon le bloc continue à s'exécuter. La ligne 13 ne sera exécutée que si la condition à la ligne 9 est fausse. Par contre, si cette condition est vraie, le traitement du bloc est interrompu par le lancement d'une *FinDuMondeException* et le traitement reprend dans le bloc **catch** à partir de la ligne 16.

La bloc **catch** permet à la fois d'identifier le type d'exception concerné par le bloc de traitement et à la fois de déclarer une variable qui permet d'avoir accès à l'exception durant l'exécution du bloc **catch**. Un bloc **catch** sera exécuté si une exception du même type ou d'un sous-type que celui déclaré par le bloc est lancée à l'exécution. Attention, si une exception déclenche le traitement d'un bloc **catch**, le flot d'exécution reprend ensuite à la fin des blocs **catch**.

```
1   try {
2     if (heros == null) {
3       throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
4     }
5
6     boolean victoire = heros.combattre(espritDuMal);
7     boolean planDejoue = heros.desamorcer(machineInfernale);
8
9     if (!victoire || !planDejoue) {
10      throw new FinDuMondeException();
11    }
12
13    heros.setPoseVictorieuse();
14
15  } catch (Exception e) {
16    // ...
17  }
```

Dans le code ci-dessus, le bloc **catch** est associé aux exceptions de type Exception. Comme toutes les exceptions en Java hérite directement ou indirectement de cette classe, ce bloc sera exécuté pour traité la NullPointerException à la ligne 3 ou la *FinDuMondeException* à la ligne 10.

Les blocs **catch** sont pris en compte à l'exécution dans l'ordre de leur déclaration. Déclarer un bloc **catch** pour une exception parente avant un bloc **catch** pour une exception enfant est considéré comme une erreur de compilation.

```
1   try {
2     if (heros == null) {
3       throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
4     }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
5
6     boolean victoire = heros.combattre(espritDuMal);
7     boolean planDejoue = heros.desamorcer(machineInfernale);
8
9     if (!victoire || !planDejoue) {
10      throw new FinDuMondeException();
11    }
12
13    heros.setPoseVictorieuse();
14
15  } catch (Exception e) {
16    // ...
17  } catch (FinDuMondeException fdme) {
18    // ERREUR DE COMPILATION
19  }
```

Dans, l'exemple précédent, il faut bien comprendre que Exception est la classe parente de *FinDuMondeException*. Donc si une exception de type *FinDuMondeException* est lancée, alors seul le premier bloc **catch** sera exécuté. Le second est donc simplement du code mort est générera une erreur de compilation. Pour que cela fonctionne, il faut inverser l'ordre des blocs **catch** :

```
1   try {
2     if (heros == null) {
3       throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
4     }
5
6     boolean victoire = heros.combattre(espritDuMal);
7     boolean planDejoue = heros.desamorcer(machineInfernale);
8
9     if (!victoire || !planDejoue) {
10      throw new FinDuMondeException();
11    }
12
13    heros.setPoseVictorieuse();
14
15  } catch (FinDuMondeException fdme) {
16    // ...
17  } catch (Exception e) {
18    // ...
19  }
```

Maintenant, un premier bloc **catch** fournit un traitement particulier pour les exceptions de type *FinDuMondeException* ou de type enfant et un second bloc **catch** fournit un traitement pour les autres exceptions.

Parfois, le code du bloc **catch** est identique pour différents types d'exception. Si ces exceptions ont une classe parente commune, il est possible de déclarer un bloc **catch** simplement pour cette classe parente afin d'éviter la duplication de code. Dans notre exemple, la classe ancêtre commune entre NullPointerException et *FinDuMondeException* est la classe Exception. Donc si nous déclarons un bloc **catch** pour le type Exception, nous fournissons un bloc de traitement pour tous les types d'exception, ce qui n'est pas vraiment le but recherché. Dans cette situation, il est possible de préciser plusieurs types d'exception dans le bloc **catch** en les séparant par **|** :

```java
try {
  if (heros == null) {
    throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
  }

  boolean victoire = heros.combattre(espritDuMal);
  boolean planDejoue = heros.desamorcer(machineInfernale);

  if (!victoire || !planDejoue) {
    throw new FinDuMondeException();
  }

  heros.setPoseVictorieuse();

} catch (NullPointerException | FinDuMondeException ex) {
  // traitement commun aux deux types d'exception...
}
```

Note : L'exécution d'un bloc **catch** peut très bien être interrompue par une exception. L'exécution d'un bloc **catch** peut même conduire à relancer l'exception qui vient d'être interceptée.

18.4 Propagation d'une exception

Si une exception n'est pas interceptée par un bloc **catch**, alors elle remonte la pile d'appel, jusqu'à ce qu'un bloc **catch** prenne cette exception en charge. Si l'exception remonte tout en haut de la pile d'appel du thread, alors le thread s'interrompt. S'il s'agit du thread principal, alors l'application s'arrête en erreur.

Le mécanisme de propagation permet de séparer la partie de l'application qui génère l'exception de la partie qui traite cette exception.

Si nous reprenons notre exemple précédent, nous pouvons grandement l'améliorer. En effet, les méthodes *combattre* et *desamorcer* devraient s'interrompre par une exception plutôt que de retourner un booléen. L'exception jetée porte une information plus riche qu'un simple booléen car elle dispose d'un type et d'un état interne.

```java
try {
  if (heros == null) {
    throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
  }

  heros.combattre(espritDuMal);
  heros.desamorcer(machineInfernale);
  heros.setPoseVictorieuse();

} catch (FinDuMondeException ex) {
  // ...
}
```

Le code devient beaucoup plus lisible. On comprend que le bloc **try** peut être interrompu par une exception de type *FinDuMondeException* et le code du bloc n'est plus contaminé par des variables et des instructions **if** spécifiquement utilisées pour la gestion des erreurs.

La langage Java impose que les méthodes signalent les types d'exception qu'elles peuvent jeter. Ainsi, le code ci-dessus ne compilera que si au moins une des instructions du bloc **try** peut générer une *FinDuMondeException*. Cela permet au compilateur de détecter d'éventuel code mort. La déclaration des exceptions jetées par une méthode fait donc partie de sa signature et utilise le mot-clé **throws**.

```
package com.cgi.formation.heroes;

public class Heros {

  public void combattre(Vilain vilain) throws FinDuMondeException {
    // ...
  }

  public void desamorcer(Piege piege) throws FinDuMondeException {
    // ...
  }

  public void setPoseVictorieuse() {
    // ...
  }
}
```

Grâce aux exceptions, il est maintenant possible d'interrompre une méthode. Il est même possible d'interrompre un constructeur. Cela aura pour effet de stopper la construction de l'objet et ainsi d'empêcher d'avoir une instance dans un état invalide.

```
package com.cgi.formation.heroes;

public class Heros {

  public Heros(String classePerso) throws ClasseDePersoInvalideException {
    if (classePerso == null || "".equals(classePerso) {
      throw new ClasseDePersoInvalideException();
    }
  }
```

La déclaration des exceptions dans la signature d'une méthode permet à la fois de documenter dans le code lui-même le comportement de la méthode tout en contrôlant à la compilation que les cas d'exception sont gérés par le code.

```
public Marchandise acheter(long montant, Currency devise)
  throws CreditInsuffisantException, DeviseRefuseeException,
         MarchandiseNonDisponibleException {
  // ...
}
```

Dans l'exemple ci-dessus, même sans avoir accès au code source, la signature suffit à renseigner sur les cas d'erreur que l'on va pouvoir rencontrer lorsqu'on appelle la

méthode *acheter*.

18.5 Exceptions et polymorphisme

Comme la déclaration des exceptions jetées par une méthode fait partie de sa signature, certaines règles doivent être respectées pour la redéfinition de méthode afin que le polymorphisme fonctionne correctement.

Selon le principe de substitution de Liskov, dans la redéfinition d'une méthode, les préconditions ne peuvent pas être renforcées par la sous-classe et les postconditions ne peuvent pas être affaiblies par la sous-classe. Rapporté au mécanisme des exceptions, cela signifie qu'une méthode redéfinie ne peut pas lancer des exceptions supplémentaires. Par contre, elle peut lancer des exceptions plus spécifiques. Le langage Java ne permet pas de distinguer les exceptions qui signalent une violation des préconditions ou des postconditions. C'est donc aux développeurs de s'assurer que les postconditions ne sont pas affaiblies dans la sous-classe.

Ainsi, si la classe *SuperHeros* hérite de la classe *Heros*, elle peut redéfinir les méthodes en ne déclarant pas d'exception.

```
package com.cgi.formation.heroes;

public class SuperHeros extends Heros {

  @Override
  public void combattre(Vilain vilain) {
    // ...
  }

  @Override
  public void desamorcer(Piege piege) {
    // ...
  }
}
```

Cette nouvelle classe peut aussi changer les types d'exception déclarés par les méthodes redéfinies à condition que ces types soient des classes filles des exceptions d'origine.

```
package com.cgi.formation.heroes;

public class SuperHeros extends Heros {

  @Override
  public void desamorcer(Piege piege) throws PlanMachiaveliqueException {
    // ...
  }

}
```

Le code précédent ne compile que si l'exception *PlanMachiaveliqueException* hérite directement ou indirectement de *FinDuMondeException*.

```java
package com.cgi.formation.heroes;

public class PlanMachiaveliqueException extends FinDuMondeException {
  // ...
}
```

Note : Même si cela est maladroit, il est possible de conserver la déclaration des exceptions dans la signature même si la méthode ne jette pas ces types d'exception. Le compilateur ne vérifie pas si une méthode jette effectivement tous les types d'exception déclarés par sa signature.

18.6 Le bloc finally

À la suite des blocs **catch** il est possible de déclarer un bloc **finally**. Un bloc **finally** est exécuté systématiquement, que le bloc **try** se soit terminé normalement ou par une exception.

Note : Si un bloc **try** se termine par une exception et qu'il n'existe pas de bloc **catch** approprié, alors le bloc **finally** est exécuté et ensuite l'exception est propagée.

```java
try {
  if (heros == null) {
    throw new NullPointerException("Le heros ne peut pas être nul !");
  }

  heros.combattre(espritDuMal);
  heros.desamorcer(machineInfernale);
  heros.setPoseVictorieuse();

} catch (FinDuMondeException fdme) {
  // ...
} finally {
  // Ce bloc sera systématiquement exécuté
  jouerGeneriqueDeFin();
}
```

Note : Un bloc **finally** est exécuté même si bloc **try** exécute une instruction **return**. Dans ce cas, le bloc **finally** est d'abord exécuté puis ensuite l'instruction **return**.

Le bloc **finally** est le plus souvent utilisé pour gérer les ressources autre que la mémoire. Si le programme ouvre une connexion, un fichier…, le traitement est effectué dans le bloc **try** puis le bloc **finally** se charge de libérer la ressource.

```
java.io.FileReader reader = new java.io.FileReader(filename);
try {
  int nbCharRead = 0;
  char[] buffer = new char[1024];
  StringBuilder builder = new StringBuilder();
  // L'appel à reader.read peut lancer une java.io.IOException
  while ((nbCharRead = reader.read(buffer)) >= 0) {
    builder.append(buffer, 0, nbCharRead);
  }
  // le retour explicite n'empêche pas l'exécution du block finally.
  return builder.toString();
} finally {
  // Ce block est obligatoirement exécuté après le block try.
  // Ainsi le flux de lecture sur le fichier est fermé
  // avant le retour de la méthode.
  reader.close();
}
```

18.7 Le try-with-resources

La gestion des ressources peut également être réalisée par la syntaxe du try-with-resources.

```
try (java.io.FileReader reader = new java.io.FileReader(filename)) {
  int nbCharRead = 0;
  char[] buffer = new char[1024];
  StringBuilder builder = new StringBuilder();
  while ((nbCharRead = reader.read(buffer)) >= 0) {
    builder.append(buffer, 0, nbCharRead);
  }
  return builder.toString();
}
```

Après le mot-clé **try**, on déclare entre parenthèses une ou plusieurs initialisations de variable. Ces variables doivent être d'un type qui implémente l'interface AutoCloseable ou Closeable. Ces interfaces ne déclarent qu'une seule méthode : **close**. Le compilateur ajoute automatiquement un bloc **finally** à la suite du bloc **try** pour appeler la méthode **close** sur chacune des variables qui ne valent pas **null**.

Ainsi pour ce code :

```
try (java.io.FileReader reader = new java.io.FileReader(filename)) {
  // ...
}
```

Le compilateur générera le bytecode correspondant à :

```
{
  java.io.FileReader reader = new java.io.FileReader(filename)
  try {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    // ...
  } finally {
    if (reader != null) {
      reader.close();
    }
  }
}
```

La syntaxe try-with-resources est à la fois simple à lire et évite d'oublier de libérer des ressources puisque le compilateur se charge d'introduire le code pour nous.

18.8 Hiérarchie applicative d'exception

Comme les exceptions sont des objets, il est possible de créer une hiérarchie d'exception par héritage. C'est par exemple le cas pour les exceptions d'entrée/sortie en Java.

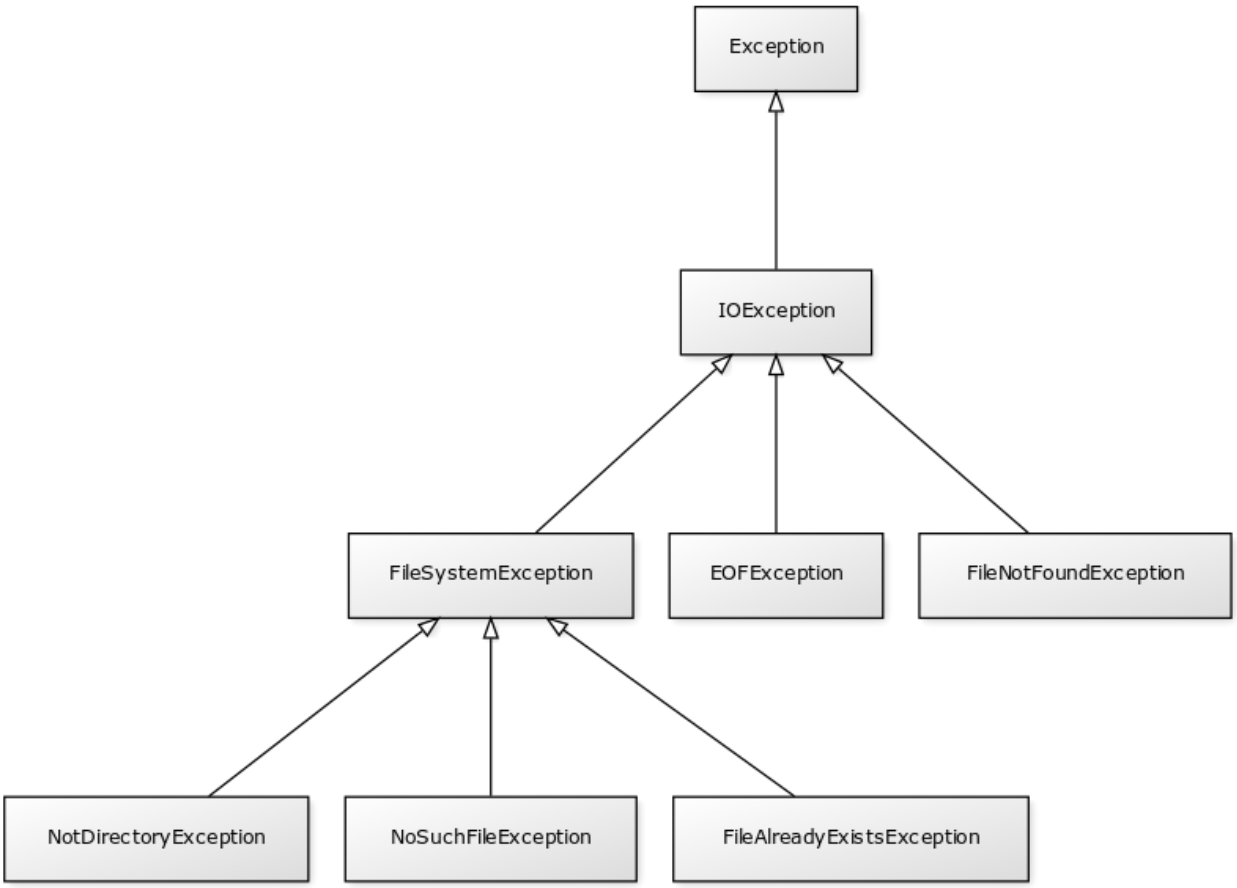


Fig. 1 – Un extrait de la hiérarchie de java.io.IOException

La hiérarchie d'exception permet de grouper des erreurs en concevant des types d'exception de plus en plus généraux. Une application pourra donc traiter à sa conve-

nance des exceptions générales comme IOException mais pourra, au besoin, fournir une bloc **catch** pour traiter des exceptions plus spécifiques.

```
try {

  // ... opérations sur des fichiers

} catch (NoSuchFileException nsfe) {

  // ...

} catch (IOException ioe) {

  // ...

}
```

18.9 Exception cause

Il est souvent utile d'encapsuler une exception dans une autre exception. Par exemple, imaginons une méthode qui souhaite réaliser une opération distante sur un serveur. Se le serveur distant n'est pas joignable, le programme devra intercepter une IOException. Mais cela n'a peut-être pas beaucoup de sens pour le reste du programme, la méthode peut décider de jeter à la place une exception définie par l'application comme une *OperationNonDisponibleException*.

```
package com.cgi.formation;

public class OperationNonDisponibleException extends Exception {

  public OperationNonDisponibleException(Exception cause) {
    super(cause);
  }
}
```

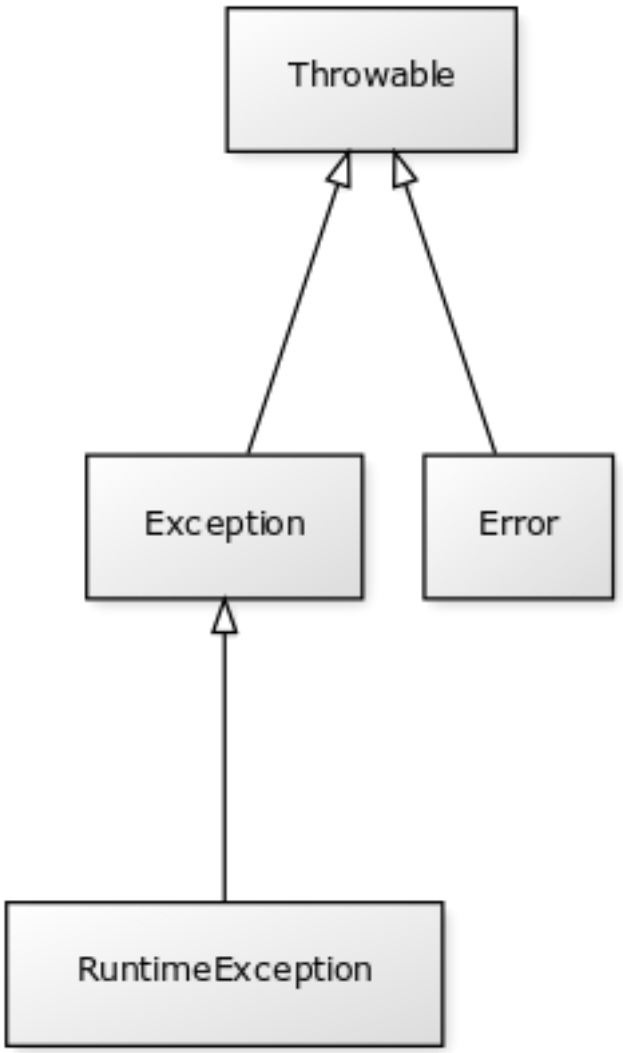
Cette exception n'a pas de lien d'héritage avec une IOException. Par contre, elle expose un constructeur qui accepte en paramètre une exception. Cela permet d'indiquer que l'exception a été causée par une autre exception.

```
try {

 // ... opérations d'entrée / sortie vers le serveur

} catch (IOException ioe) {
  throw new OperationNonDisponibleException(ioe);
}
```

La classe Exception fournit la méthode getCause (qu'elle hérite de Throwable) pour connaître l'exception qui est la cause du problème.

18.10 Les erreurs et les exceptions runtime

En regardant plus en détail la hiérarchie à la base des exceptions, on découvre le modèle d'héritage suivant :



La classe Throwable est la classe indiquant qu'il est possible d'utiliser ce type avec le mot clé **throw**. De plus la classe Throwable fournit des méthodes utilitaires. Par exemple, la méthode printStackTrace permet d'afficher sur la sortie d'erreur standard la pile d'appel de l'application.

```
try {
  double d = 1/0; // produit une ArithmeticException
} catch (ArithmeticException e) {
  // Afficher la pile d'appel sur la sortie d'erreur standard
  e.printStackTrace();
}
```

La classe Error hérite de Throwable comme Exception. Error est la classe de base pour représenter les erreurs sérieuses que l'application ne devrait pas intercepter.

Lorsqu'une erreur survient cela signifie souvent que l'environnement d'exécution est dans un état instable. Par exemple, la classe OutOfMemoryError hérite indirectement de cette classe. Cette erreur signale que la JVM ne dispose plus d'assez de mémoire (généralement pour allouer de l'espace pour les nouveaux objets).

La classe RuntimeException représente des problèmes d'exécution qui proviennent la plupart du temps de bug dans l'application. Parmi les classes filles de cette classe, on trouve :

ArithmeticException signale une opération arithmetique invalide comme une division par zéro.

NullPointerException signale que l'on tente d'accéder à une méthode ou un attribut à travers une référence **null**.

ClassCastException signale qu'un transtypage invalide a été réalisé.

Généralement, les exceptions qui héritent de RuntimeException ne sont pas interceptées ni traitées par l'application. Au mieux, elles sont interceptées au plus haut de la pile d'appel pour signaler une erreur à l'utilisateur ou dans les fichiers de log.

Les classes Error, RuntimeException et toutes les classes qui en héritent sont appelées des *unchecked exceptions*. Cela signifie que le compilateur n'exige pas que ces exceptions apparaissent dans la signature des méthodes. En effet, elles représentent des problèmes internes graves de la JVM ou des bugs. Donc virtuellement toutes les méthodes en Java sont susceptibles de lancer de telles exceptions.

Si nous reprenons notre exemple des véhicules, les méthodes pour accélérer et décélérer devraient contrôler que le paramètre passé est bien un nombre positif. Si ce n'est pas le cas, elle peut jeter une IllegalArgumentException qui est une exception runtime fournie par l'API standard et qui sert à signaler qu'un paramètre est invalide. Cette exception ne doit pas être obligatoirement déclarée dans la signature de la méthode.

```
package com.cgi.formation.conduite;

public class Vehicule {

  private final String marque;
  protected float vitesse;

  public Vehicule(String marque) {
    this.marque = marque;
  }

  public void accelerer(float deltaVitesse) {
    if (deltaVitesse < 0) {
      throw new IllegalArgumentException("deltaVitesse doit être positif");
    }
    this.vitesse += deltaVitesse;
  }

  public void decelerer(float deltaVitesse) {
    if (deltaVitesse < 0) {
      throw new IllegalArgumentException("deltaVitesse doit être positif");
    }
    this.vitesse = Math.max(this.vitesse - deltaVitesse, 0f);
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    }

    // ...

}
```

Note : Il est tout de même intéressant de signaler les exceptions runtime qui sont engendrées par des violations de préconditions ou de postconditions. Cela permet de documenter explicitement ces préconditions et ces postconditions.

```
/**
 * Accélère le véhicule
 *
 * @param deltaVitesse la vitesse à ajouter à la vitesse courante.
 * @throws IllegalArgumentException si deltaVitesse est un nombre négatif.
 */
public void accelerer(float deltaVitesse) throws IllegalArgumentException {
  if (deltaVitesse < 0) {
    throw new IllegalArgumentException("deltaVitesse doit être positif");
  }
  this.vitesse += deltaVitesse;
}
```

Par opposition, toutes les autres exceptions sont appelées des *checked exception*. Une méthode qui est susceptible de laisser se propager une *checked exception* doit le signaler dans sa signature à l'aide du mot-clé **throws**.

18.11 Choix entre checked et unchecked

En tant que développeurs, lorsque nous créons de nouvelles classes pour représenter des exceptions, nous avons le choix entre hériter de la classe Exception ou de la classe RuntimeException. C'est-à-dire entre créer une *checked* ou une *unchecked* exception. La frontière entre les deux familles a évolué au cours des versions de Java.

Note : Il ne faut jamais créer un classe qui hérite de Error. Les classes qui en héritent sont faites pour signaler un problème dans la JVM.

On considère généralement qu'il est préférable de créer une *unchecked exception* lorsque l'exception représente une erreur technique, un événement qui ne relève pas du domaine de l'application mais qui est plutôt lié à son contexte d'exécution. Généralement il s'agit d'exceptions que l'application ne pourra pas traiter correctement à part signaler un problème aux utilisateurs ou aux administrateurs. Par exemple, si votre application se connecte à un service distant, vous pouvez avoir besoin de

créer une exception *RemoteServiceUnavailableException* pour signaler que le service ne répond pas. Ce type d'exception est probablement une *unchecked exception* et devrait hériter de RuntimeException.

Par contre, les exceptions qui peuvent avoir une valeur pour le domaine applicatif devraient être des *checked exception*. Généralement, elles traduisent des états particuliers identifiés par les analystes du domaine.

Par exemple, si vous développez une application bancaire pour réaliser des transactions, certaines transactions peuvent échouer lorsqu'un compte bancaire n'est pas suffisamment approvisionné. Pour représenter cet état, on peut créer une classe *SoldeInsuffisantException*. Il est probable que cette exception devrait être une *checked exception* afin que le compilateur puisse vérifier qu'elle est correctement traitée.

CHAPITRE 19

Les énumérations

Dans une application, il est très utile de pouvoir représenter des listes finies d'éléments. Par exemple, si une application a besoin d'une liste de niveaux de criticité, elle peut créer des constantes dans une classe utilitaire quelconque.

```
package com.cgi.formation;

public class ClasseUtilitaireQuelconque {

  public static final int CRITICITE_FAIBLE = 0;
  public static final int CRITICITE_NORMAL = 1;
  public static final int CRITICITE_HAUTE = 2;
}
```

Ce choix d'implémentation est très imparfait. Même si le choix du type **int** permet de retranscrire une notion d'ordre dans les niveaux de criticité, il ne permet pas de créer un vrai type représentant une criticité.

Il existe un type particulier en Java qui permet de fournir une meilleure implémentation dans ce cas : l'énumération. Un énumération se déclare avec le mot-clé **enum**.

```
package com.cgi.formation;

public enum Criticite {
  FAIBLE,
  NORMAL,
  HAUTE
}
```

Note : Les éléments d'une énumération sont des constantes. Donc, par convention, ils sont écrits en majuscules et les mots sont séparés par _.

Comme une classe, une énumération a une portée et elle est définie dans un fichier qui porte son nom. Pour l'exemple ci-dessus, le code source sera dans le fichier *Criticite.java*.

Une énumération peut également être définie dans une classe, une interface et même dans une énumération.

```
package com.cgi.formation;

public class Zone {

  public enum NiveauDeSecurite {FAIBLE, MOYEN, FORT}

  private NiveauDeSecurite niveau;

  // ...

}
```

L'énumération permet de définir un type avec un nombre fini de valeurs possibles. Il est possible de manipuler ce nouveau type comme une constante, comme un attribut, un paramètre et une variable.

```
package com.cgi.formation;

public class RapportDeBug {

  private Criticite criticite = Criticite.NORMAL;

  public RapportDeBug() {
  }

  public RapportDeBug(Criticite criticite) {
    this.criticite = criticite;
  }
}
```

```
RapportDeBug rapport = new RapportDeBug(Criticite.HAUTE);
```

Note : Une variable, un attribut ou un paramètre du type d'une énumération peut avoir la valeur **null**.

19.1 Les méthodes d'une énumération

Nous verrons bientôt qu'une énumération est en fait une classe particulière. Donc une énumération fournit également des méthodes de classe et des méthodes pour chacun des éléments de l'énumération.

valueOf Une méthode de classe qui permet de convertir une chaîne de caractères

en une énumération. Attention toutefois, si la chaîne de caractères ne correspond pas à un nom d'un élément de l'énumération, cette méthode produit une IllegalArgumentException.

```
Criticite criticite = Criticite.valueOf("HAUTE");
```

values Une méthode de classe qui retourne un tableau contenant tous les éléments de l'énumération dans l'ordre de leur déclaration. Cette méthode est très pratique pour connaître la liste des valeurs possibles par programmation.

```
for(Criticite c : Criticite.values()) {
  System.out.println(c);
}
```

Chaque élément d'une énumération possède les méthodes suivantes :

name Retourne le nom de l'élément sous la forme d'une chaîne de caractères.

```
String name = Criticite.NORMAL.name(); // "NORMAL"
```

ordinal Retourne le numéro d'ordre d'un élément. Le numéro d'ordre est donné par l'ordre de la déclaration, le premier élément ayant le numéro 0.

```
int ordre = Criticite.HAUTE.ordinal(); // 2
```

Note : Une énumération implémente également l'interface Comparable. Donc, une énumération implémente la méthode compareTo qui réalise une comparaison en se basant sur le numéro d'ordre.

19.2 Égalité entre énumérations

Par définition, chaque élément d'un énumération n'existe qu'une fois en mémoire. Un énumération garantit que l'unicité de la valeur est équivalente à l'unicité en mémoire. Cela signifie que l'on peut utiliser l'opérateur **==** pour comparer des variables, des attributs et des paramètres du type d'énumération. L'utilisation de l'opérateur **==** est même considérée comme la bonne façon de comparer les énumérations.

```
if (criticite == Criticite.HAUTE) {
  // ...
}
```

19.3 Support de switch

Une énumération peut être utilisée dans une structure **switch** :

```
switch (criticite) {

case Criticite.FAIBLE:
  // ...
  break;

case Criticite.NORMAL:
  // ...
  break;

case Criticite.HAUTE:
  // ...
  break;

}
```

19.4 Génération d'une énumération

Le mot-clé **enum** est en fait un sucre syntaxique. Les énumérations en Java sont des classes comme les autres. Ainsi, l'énumération :

```
package com.cgi.formation;

public enum Criticite {

  FAIBLE,
  NORMAL,
  HAUTE

}
```

est transcrite comme ceci par le compilateur :

```
package com.cgi.formation;

public final class Criticite extends Enum<Criticite> {

  public static final Criticite FAIBLE = new Criticite("FAIBLE", 0);
  public static final Criticite NORMAL = new Criticite("NORMAL", 1);
  public static final Criticite HAUTE = new Criticite("HAUTE", 2);

  public static Criticite valueOf(String value) {
    return Enum.valueOf(Criticite.class, value);
  }

  public static Criticite[] values() {
    return new Criticite[] {FAIBLE, NORMAL, HAUTE};
  }

  private Criticite(String name, int ordinal) {
    super(name, ordinal);
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }
}
```

Note : Malheureusement le code ci-dessus ne compile pas car le compilateur Java n'autorise pas à créer soi-même une énumération.

Le code ci-dessus nous permet de remarquer que :

- Les valeurs d'une énumération sont en fait des attributs de classe du type de l'énumération elle-même.
- Une énumération est déclarée **final** donc il n'est pas possible d'hériter d'une énumération (sauf en créant une classe interne anonyme).
- Le constructeur d'une énumération est privé, empêchant ainsi de créer de nouvelle instance.
- Une énumération hérite de la classe Enum.

19.5 Ajout de méthodes et d'attributs

Lorsque l'on a bien compris qu'une énumération est une classe particulière, il devient évident qu'il est possible d'ajouter des attributs et des méthodes à une énumération.

```
package com.cgi.formation;

public enum Couleur {

  ROUGE, ORANGE, JAUNE, VERT, BLEU, MAGENTA;

  private static final List<Couleur> COULEURS_CHAUDES = Arrays.asList(ROUGE, ORANGE,␣
↪JAUNE);

  public boolean isChaude() {
    return COULEURS_CHAUDES.contains(this);
  }

  public boolean isFroide() {
    return !isChaude();
  }

  public Couleur getComplementaire() {
    Couleur[] values = Couleur.values();
    int index = this.ordinal() + (values.length / 2);
    return values[index % values.length];
  }
}
```

Note : Notez l'utilisation du point-virgule à la fin de la liste des couleurs. Ce point-virgule n'est obligatoire que lorsque l'on veut ajouter une déclaration dans l'énumé-

ration afin de séparer la liste des éléments du reste.

Les énumérations peuvent devenir des objets complexes qui fournissent de nombreux services.

```
Couleur couleur = Couleur.ROUGE;

System.out.println(couleur.isChaude()); // true
System.out.println(couleur.isFroide()); // false
System.out.println(couleur.getComplementaire()); // VERT
```

19.6 Ajout de constructeurs

Il est également possible d'ajouter un ou plusieurs constructeurs dans une énumération. Attention, ces constructeurs doivent impérativement être de portée **private** sous peine de faire échouer la compilation. L'appel au constructeur se fait au moment de la déclaration des éléments de l'énumération.

```
package com.cgi.formation;

public enum Polygone {

  TRIANGLE(3), QUADRILATERE(4), PENTAGONE(5);

  private final int nbCotes;

  private Polygone(int nbCotes) {
    this.nbCotes = nbCotes;
  }

  public int getNbCotes() {
    return nbCotes;
  }

}
```

CHAPITRE 20

Les interfaces

Une interface permet de définir un ensemble de services qu'un client peut obtenir d'un objet. Une interface introduit une abstraction pure qui permet un découplage maximal entre un service et son implémentation. On retrouve ainsi les interfaces au cœur de l'implémentation de beaucoup de bibliothèques et de frameworks. Le mécanisme des interfaces permet d'introduire également une forme simplifiée d'héritage multiple.

20.1 Déclaration d'une interface

Une interface se déclare avec le mot-clé **interface**.

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte {

}
```

Comme pour une classe, une interface a une portée, un nom et un bloc de déclaration. Une interface est déclarée dans son propre fichier qui porte le même nom que l'interface. Pour l'exemple ci-dessus, le fichier doit s'appeler *Compte.java*.

Une interface décrit un ensemble de méthodes en fournissant uniquement leur signature.

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte {

```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    void deposer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                     CompteBloqueException;

    int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                    CompteBloqueException;

    int getBalance() throws OperationInterrompueException;

}
```

Une interface introduit un nouveau type d'abstraction qui définit à travers ces méthodes un ensemble d'interactions autorisées. Une classe peut ensuite implémenter une ou plusieurs interfaces.

Note : Les méthodes d'une interface sont par défaut **public** et **abstract**. Il n'est pas possible de déclarer une autre portée que **public**.

```
package com.cgi.formation;

public interface Mobile {

    public abstract void deplacer();

}
```

L'interface ci-dessus est strictement identique à celle-ci :

```
package com.cgi.formation;

public interface Mobile {

    void deplacer();

}
```

20.2 Implémentation d'une interface

Une classe signale les interfaces qu'elle implémente grâce au mot-clé **implements**. Une classe concrète doit fournir une implémentation pour toutes les méthodes d'une interface, soit dans sa déclaration, soit parce qu'elle en hérite.

```
package com.cgi.formation.compte;

public class CompteBancaire implements Compte {

    private final String numero;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  private int balance;

  public CompteBancaire(String numero) {
    this.numero = numero;
  }

  @Override
  public void deposer(int montant) {
    this.balance += montant;
  }

  @Override
  public int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException {
    if (balance < montant) {
      throw new OperationInterrompueException();
    }
    return this.balance -= montant;
  }

  @Override
  public int getBalance() {
    return this.balance;
  }

  public String getNumero() {
    return numero;
  }

}
```

L'implémentation des méthodes d'une interface suit les mêmes règles que la redéfinition.

Note : Si la classe qui implémente l'interface est une classe abstraite, alors elle n'est pas obligée de fournir une implémentation pour les méthodes de l'interface.

Même si les mécanismes des interfaces sont proches de ceux des classes abstraites, ces deux notions sont clairement distinctes. Une classe abstraite permet de mutualiser une implémentation dans une hiérarchie d'héritage en introduisant un type plus abstrait. Une interface permet de définir les interactions possibles entre un objet et ses clients. Une interface agit comme un contrat que les deux parties doivent remplir. Comme l'interface n'impose pas de s'insérer dans une hiérarchie d'héritage, il est relativement simple d'adapter une classe pour qu'elle implémente une interface.

Une interface introduit un nouveau type de relation qui serait du type *est comme un* (*is-like-a*).

Par exemple, il est possible de créer un système de gestion de comptes utilisant l'interface *Compte*. Il est facile ensuite de fournir une implémentation de cette interface pour un compte bancaire, un porte-monnaie électronique, un compte en ligne… t Une classe peut implémenter plusieurs interfaces si nécessaire. Pour cela, il suffit de donner les noms des interfaces séparés par une virgule.

```java
package com.cgi.formation.animal;

public interface Carnivore {

  void manger(Animal animal);

}
```

```java
package com.cgi.formation.animal;

public interface Herbivore {

  void manger(Vegetal vegetal);

}
```

```java
package com.cgi.formation.animal;

public class Humain extends Animal implements Carnivore, Herbivore {

  @Override
  public void manger(Animal animal) {
    // ...
  }

  @Override
  public void manger(Vegetal vegetal) {
    // ...
  }

}
```

Dans l'exemple précédent, la classe *Humain* implémente les interfaces *Carnivore* et *Herbivore*. Donc une instance de la classe *Humain* peut être utilisée dans une application partout où les types *Carnivore* et *Herbivore* sont attendus.

```java
Humain humain = new Humain();

Carnivore carnivore = humain;
carnivore.manger(new Poulet()); // Poulet hérite de Animal

Herbivore herbivore = humain;
herbivore.manger(new Chou());   // Chou hérite de Vegetal
```

20.3 Attributs et méthodes statiques

Une interface peut déclarer des attributs. Cependant tous les attributs d'une interface sont par défaut **public**, **static** et **final**. Il n'est pas possible de modifier la portée de ces attributs. Autrement dit, une interface ne peut déclarer que des constantes.

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte {

  int PLAFOND_DEPOT = 1_000_000;

  void deposer(int montant) throws OperationInterrompueException,␣
↪CompteBloqueException;

  int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException,␣
↪CompteBloqueException;

  int getBalance() throws OperationInterrompueException;

}
```

Note : On peut préciser **public**, **static** et **final** dans la déclaration d'un attribut d'interface :

```
public static final int PLAFOND_DEPOT = 1_000_000;
```

Ceci est strictement équivalent à

```
int PLAFOND_DEPOT = 1_000_000;
```

Une interface peut également déclarer des méthodes **static**. Dans ce cas, il s'agit de méthodes équivalentes aux méthodes de classe et l'interface doit fournir une implémentation pour ces méthodes. Ces méthodes doivent explicitement avoir le mot-clé **static** et elles ont une portée publique par défaut.

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte {

  int PLAFOND_DEPOT = 1_000_000;

  static int getBalanceTotale(Compte... comptes) throws OperationInterrompueException
↪{
    int total = 0;
    for (Compte c : comptes) {
      total += c.getBalance();

    }
    return total;
  }

  void deposer(int montant) throws OperationInterrompueException,␣
↪CompteBloqueException;

  int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException,␣
↪CompteBloqueException;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  int getBalance() throws OperationInterrompueException;

}
```

20.4 Héritage d'interface

Une interface peut hériter d'autres interfaces. Contrairement aux classes qui ne peuvent avoir qu'une classe parente, une interface peut avoir autant d'interfaces parentes que nécessaire. Pour déclarer un héritage, on utilise le mot-clé **extends**.

```
package com.cgi.formation.animal;

public interface Omnivore extends Carnivore, Herbivore {

}
```

Une classe concrète qui implémente une interface doit donc disposer d'une implémentation pour les méthodes de cette interface mais également pour toutes les méthodes des interfaces dont cette dernière hérite.

```
package com.cgi.formation.animal;

public class Humain extends Animal implements Omnivore {

  @Override
  public void manger(Animal animal) {
    // ...
  }

  @Override
  public void manger(Vegetal vegetal) {
    // ...
  }

}
```

L'héritage d'interface permet d'introduire de nouveaux types par agrégat. Dans l'exemple ci-dessus, nous faisons apparaître la notion d'omnivore simplement comme étant à la fois un carnivore et un herbivore.

20.5 Les interfaces marqueurs

Comme chaque interface introduit un nouveau type, il est possible de contrôler grâce au mot-clé **instanceof** qu'une variable, un paramètre ou un attribut est bien une instance compatible avec cette interface.

```
Humain bob = new Humain();
if (bob instanceof Carnivore) {
  System.out.println("bob mange de la viande");
}
```

En Java, on utilise cette possibilité pour créer des interfaces marqueurs. Une interface marqueur n'a généralement pas de méthode, elle sert juste à introduire un nouveau type. Il est ensuite possible de changer le comportement d'une méthode si une variable, un paramètre ou un attribut implémente cette interface.

```
package com.cgi.formation.animal;

public interface Cannibale {
}
```

```
package com.cgi.formation.animal;

public class Humain extends Animal implements Omnivore {

  @Override
  public void manger(Animal animal) {
    if (!(animal instanceof Humain) || this instanceof Cannibale) {
      // ...
    }
  }

  @Override
  public void manger(Vegetal vegetal) {
    // ...
  }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, *Cannibale* agit comme une interface marqueur, elle permet à une classe héritant de *Humain* de manger une instance d'humain. Pour cela, il suffit de déclarer que cette nouvelle classe implémente *Cannibale* :

```
package com.cgi.formation.animal;

public class Anthropophage extends Humain implements Cannibale {

}
```

Même si la classe *Anthropophage* ne redéfinit aucune méthode de sa classe parente, le fait de déclarer l'interface marqueur *Cannibale* suffit a modifier son comportement.

Le principe de l'interface marqueur est quelques fois utilisé dans l'API standard de Java. Par exemple, La méthode clone déclarée par Object jette une CloneNotSupportedException si elle est appelée sur une instance qui n'implémente pas l'interface Cloneable. Cela permet de fournir une méthode par défaut pour créer une copie d'un objet mais sans activer la fonctionnalité. Il faut que la classe déclare son intention

d'être clonable grâce à l'interface marqueur.

20.6 Implémentation par défaut

Il est parfois difficile de faire évoluer une application qui utilise intensivement les interfaces. Reprenons notre exemple du *Compte*. Imaginons que nous souhaitions ajouter la méthode *transférer* qui consiste à transférer le solde d'un compte vers un autre.

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte {

  void deposer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                   CompteBloqueException;

  int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                  CompteBloqueException;

  int getBalance() throws OperationInterrompueException;

  void transferer(Compte destination) throws OperationInterrompueException,
                                             CompteBloqueException;

}
```

En ajoutant une nouvelle méthode à notre interface, nous devons fournir une implémentation pour cette méthode dans toutes les classes que nous avons créées pour qu'elles continuent à compiler. Mais si d'autres équipes de développement utilisent notre code et ont, elles-aussi, créé des implémentations pour l'interface *Compte*, alors elles devront adapter leur code au moment d'intégrer la dernière version de notre interface.

Comme les interfaces servent précisément à découpler deux implémentations, elles sont très souvent utilisées dans les bibliothèques et les frameworks. D'un côté, les interfaces introduisent une meilleure souplesse mais, d'un autre côté, elles entraînent une grande rigidité car il peut être difficile de les faire évoluer sans risquer de casser des implémentations existantes.

Pour palier partiellement à ce problème, une interface peut fournir une implémentation par défaut de ses méthodes. Ainsi, si une classe concrète qui implémente cette interface n'implémente pas une méthode par défaut, c'est le code de l'interface qui s'exécutera. Une méthode par défaut doit obligatoirement avoir le mot-clé **default** dans sa signature.

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte {

  void deposer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                   CompteBloqueException;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                  CompteBloqueException;

  int getBalance() throws OperationInterrompueException;

  default void transferer(Compte destination) throws OperationInterrompueException,
                                                     CompteBloqueException {
    if (destination == this) {
      return;
    }
    int montant = this.getBalance();
    if (montant <= 0) {
      return;
    }
    destination.deposer(montant);
    boolean retraitOk = false;
    try {
      this.retirer(montant);
      retraitOk = true;
    } finally {
      if (!retraitOk) {
        destination.retirer(montant);
      }
    }
  }

}
```

Une classe implémentant *Compte* n'a pas besoin de fournir une implémentation pour la méthode *transferer*. La classe *CompteBancaire* que nous avons implémentée au début de ce chapitre continuera de compiler et de fonctionner comme attendu tout en ayant une méthode supplémentaire.

Prudence : L'implémentation par défaut de méthode dans une interface la rapproche beaucoup du fonctionnement d'une classe abstraite. Cependant leurs usages sont différents. L'implémentation d'une méthode dans une classe abstraite est courant car la classe abstraite a cette notion de mutualisation de code. Par contre, l'implémentation par défaut de méthode dans une interface est très rare. Elle est réservée pour les types de situations décrits précédemment, afin d'éviter de casser les implémentations existantes.

20.7 La ségrégation d'interface

En programmation objet, le principe de ségrégation d'interface stipule qu'un client ne devrait pas avoir accès à plus de méthodes d'un objet que ce dont il a vraiment besoin. L'objectif est de limiter au strict minimum les interactions possibles entre un objet et ces clients afin d'assurer un couplage minimal et faciliter ainsi les évolutions et le refactoring. En Java, le principe de ségrégation d'interface a deux conséquences :

1) Le type des variables, paramètres et attributs doit être choisi judicieusement pour restreindre au type minimum nécessaire par le code.
2) Une interface ne doit pas déclarer *trop* de méthodes.

Le premier point implique qu'il est préférable de manipuler les objets à travers leurs interfaces plutôt que d'utiliser le type réel de l'objet. Un exemple classique en Java concerne l'API des *collections*. Il s'agit de classes permettant de gérer un ensemble d'objets. Elles apportent des fonctionnalités plus avancées que les tableaux. Par exemple la classe java.util.ArrayList permet de gérer une liste d'objets. Cette classe autorise l'ajout en fin de liste, l'insertion, la suppression et bien évidemment l'accès à un élément selon son index et le parcours complet des éléments.

Un programme qui crée une ArrayList pour stocker un ensemble d'éléments n'utilisera jamais une variable de type ArrayList mais plutôt une variable ayant le type d'une interface implémentée par cette classe.

```
// Utilisation de l'interface List
List maListe = new ArrayList();


// Utilisation de l'interface Collection
Collection maListe = new ArrayList();


// Utilisation de l'interface Iterable
Iterable maListe = new ArrayList();
```

Plus une partie d'une application a recours à des interfaces pour interagir avec les autres parties d'une application, plus il est simple d'introduire des nouvelles classes implémentant les interfaces attendues et qui pourront être directement utilisées.

Le second point est lié au principe SOLID de la responsabilité unique. Une interface est conçue pour représenter un type de relation entre la classe qui l'implémente et ses clients. Plus le nombre de méthodes augmente, plus il a de risque que l'interface représente en fait plusieurs types de relation. Dans ce cas, l'héritage entre interfaces et/ou l'implémentation de plusieurs interfaces deviennent une bonne solution pour isoler chaque relation.

Reprenons notre exemple de l'interface *Compte*. Si notre système est composé d'un sous-système de consultation, d'un sous-système de retrait et d'un sous-système de gestion de comptes alors cette interface devrait probablement être séparée en plusieurs interfaces afin d'isoler chaque responsabilité.

Une interface utilisée par le sous-système de consultation :

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface CompteConsultable {

  int getBalance() throws OperationInterrompueException;

}
```

Une interface utilisée par le sous-système de retrait :

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface OperationDeRetrait {

  int retirer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                  CompteBloqueException;

}
```

Une interface plus complexe utilisée par le système de gestion de comptes :

```
package com.cgi.formation.compte;

public interface Compte extends CompteConsultable, OperationDeRetrait {

  void deposer(int montant) throws OperationInterrompueException,
                                   CompteBloqueException;

  default void transferer(Compte destination) throws OperationInterrompueException,
                                                     CompteBloqueException {
    if (destination == this) {
      return;
    }
    int montant = this.getBalance();
    if (montant <= 0) {
      return;
    }
    destination.deposer(montant);
    boolean retraitOk = false;
    try {
      this.retirer(montant);
      retraitOk = true;
    } finally {
      if (!retraitOk) {
        destination.retirer(montant);
      }
    }
  }
}
```

20.8 L'inversion de dépendance

Lorsque nous avons vu les constructeurs, nous avons vu que nous pouvions réaliser de *l'injection de dépendance* en passant comme paramètres de constructeur les objets nécessaires au fonctionnement d'une classe plutôt que de laisser la nouvelle instance créer ces objets elle-même. Grâce à la notion d'interface, nous pouvons réaliser une injection de dépendance en découplant totalement l'utilisation de l'objet passé par injection de son implémentation.

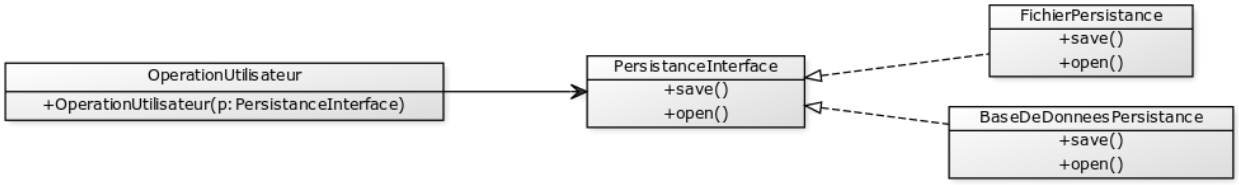
Si nous souhaitons créer une classe pour représenter une transaction bancaire, nous pouvons réaliser l'implémentation suivante :

```java
package com.cgi.formation.compte;

import java.time.Instant;

public class TransactionBancaire {

  private final Compte compte;
  private final int montant;
  private Instant date;

  public TransactionBancaire(Compte compte, int montant) {
    this.compte = compte;
    this.montant = montant;
  }

  public void effectuer() throws OperationInterrompueException, CompteBloqueException
↪{
    if (isEffectuee()) {
      return;
    }
    compte.retirer(montant);
    date = Instant.now();
  }

  public void annuler() throws OperationInterrompueException, CompteBloqueException {
    if (! isEffectuee()) {
      return;
    }
    compte.deposer(montant);
    date = null;
  }

  public boolean isEffectuee() {
    return date != null;
  }

  public Instant getDate() {
    return date;
  }
}
```

L'implémentation précédente permet d'effectuer une transaction pour un compte donné et un montant donné et mémorise la date. Elle permet également d'annuler la transaction. Dans cette implémentation, nous avons réalisé une **inversion de dépendance**. La transaction ne connaît pas la nature exacte de l'objet *Compte* qu'elle manipule. La classe *TransactionBancaire* fonctionnera quelle que soit l'implémentation sous-jacente de l'interface *Compte*.

L'inversion de dépendance est un principe de programmation objet qui stipule que si une classe A est dépendante d'une classe B, alors il peut être souhaitable que, non seulement la classe A reçoive une instance de B par injection, mais également que B ne soit connue qu'à travers une interface.

L'inversion de dépendance est très souvent utilisée pour isoler les couches logicielles d'une architecture. Au sein d'une application, nous pouvons disposer d'un ensemble de classes pour gérer des opérations utilisateur et d'un ensemble de classes pour assurer la persistance des informations.



L'architecture logicielle peut utiliser l'inversion de dépendance pour assurer que les opérations utilisateur qui ont besoin de réaliser des opérations persistantes réalisent des appels à travers des interfaces qui sont injectées. D'un côté, on peut imaginer implémenter différentes classes gérant la persistance pour sauver les informations dans des fichiers, dans des bases de données ou sur des serveurs distants (et même nulle part si on souhaite exécuter le code dans un environnement de test). D'un autre côté on peut créer et faire évoluer un système de persistance en ayant une dépendance minimale aux opérations utilisateur puisque le système de persistance doit juste fournir des implémentations conformes aux interfaces.

CHAPITRE 21

Méthodes et classes génériques

Parfois, on souhaite créer une classe mais on ne souhaite pas préciser le type exact de tel ou tel attribut. C'est souvent le cas quand la classe sert de conteneur à un autre type de classe. En Java, il est possible de créer des méthodes et des classes dont certains types sont des paramètres qui seront résolus au moment de l'invocation et de l'instanciation. On parle alors de méthodes et de classes génériques.

21.1 L'exemple de la classe ArrayList

En Java, l'API standard fournit un ensemble de classes que l'on appelle couramment les *collections*. Ces classes permettent de gérer un ensemble d'objets. Elles apportent des fonctionnalités plus avancées que les tableaux. Par exemple la classe java.util.ArrayList permet de gérer une liste d'objets. Cette classe autorise l'ajout en fin de liste, l'insertion, la suppression et bien évidemment l'accès à un élément selon son index et le parcours complet des éléments.

```
package com.cgi.formation;

import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

public class TestArrayList {

  public static void main(String[] args) {
    List list = new ArrayList();

    list.add("bonjour le monde");
    list.add(1); // boxing ! list.add(Integer.valueOf(1));
    list.add(new Object());
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    String s1 = (String) list.get(0);
    String s2 = (String) list.get(1); // ERREUR à l'exécution : ClassCastException
    String s3 = (String) list.get(2); // ERREUR à l'exécution : ClassCastException
  }

}
```

Pour des instances de la classe ArrayList, on peut ajouter des éléments avec la méthode ArrayList.add et accéder à un élément selon son index avec la méthode ArrayList.get. Dans l'exemple précédent, on voit que cela n'est pas sans risque. En effet, un objet de type ArrayList peut contenir tout type d'objet. Donc quand le programme accède à un élément d'une instance de ArrayList, il doit réaliser explicitement un transtypage (*cast*) avec le risque que cela suppose de se tromper de type. Ce type de classe exige donc beaucoup de rigueur d'utilisation pour les développeurs.

Une situation plus simple serait de pouvoir déclarer en tant que développeur qu'une instance de ArrayList se limite à un type d'éléments : par exemple au type String. Ainsi le compilateur pourrait signaler une erreur si le programme tente d'ajouter un élément qui n'est pas compatible avec le type String ou s'il veut récupérer un élément dans une variable qui n'est pas d'un type compatible. Les classes et les méthodes génériques permettent de gérer ce type de situation. Elles sont une aide pour les développeurs afin d'écrire des programmes plus robustes.

21.2 Création et assignation d'une classe générique

La classe ArrayList et l'interface List sont justement une classe générique et une interface générique supportant un type paramétré.

Note : List est une interface implémentée notamment par la classe ArrayList.

Il est possible, par exemple, de déclarer qu'une instance est une liste de chaînes de caractères :

```
List<String> list = new ArrayList<String>();
```

On ajoute entre les signes **<** et **>** le paramètre de type géré par la liste. À partir de cette information, le compilateur va pouvoir nous aider à résoudre les ambiguïtés. Il peut maintenant déterminer si un élément peut être ajouté ou assigné à une variable sans nécessiter un transtypage explicite du développeur.

```
list.add("bonjour");
String s = list.get(0); // l'opération de transtypage n'est plus nécessaire
```

Par contre :

```
list.add(1); // Erreur de compilation : type String attendu

Object o = "je suis une chaîne affectée à une variable de type Object";
list.add(o); // Erreur de compilation : type String attendu

Voiture v = (Voiture) list.get(0); // Erreur de compilation Voiture n'hérite pas de␣
↪String
```

Pour les types paramétrés, le principe de substitution s'applique. Comme la classe String hérite de la classe Object, il est possible de récupérer un élément de la liste dans une variable de type Object :

```
Object o = list.get(0); // OK
```

Une classe générique peut permettre de déclarer plusieurs types paramétrés. Par exemple, la classe java.util.HashMap permet de créer des tableaux associatifs (parfois appelés dictionnaires ou plus simplement *maps*) pour associer une clé à une valeur. La classe HashMap permet de spécifier le type de la clé et le type de la valeur. Pour créer un tableau associatif entre le nom d'une personne (type String) et une instance de la classe *Personne*, on peut écrire :

```
Map<String, Personne> tableauAssociatif = new HashMap<String, Personne>();
```

Note : Map est une interface implémentée notamment par la classe HashMap.

21.3 Notation en diamant

Lors de l'initialisation, il n'est pas nécessaire de préciser le type des paramètres à droite de l'expression. Le compilateur peut réaliser une inférence de types à partir de la variable à gauche de l'expression :

```
Map<String, Personne> tableauAssociatif = new HashMap<>();
List<Integer> listeDeNombres = new ArrayList<>();
```

Il s'agit d'un raccourci d'écriture qui évite de se répéter. On appelle la notation **<>**, la notation en diamant.

21.4 Substitution et type générique

Avec l'héritage, nous avons vu que nous pouvons affecter à une variable (ou à un paramètre ou un à attribut) une référence d'un objet du même type ou d'un type qui en hérite. On appelle cela le principe de substitution.

```
Object obj = new String();
```

Dans l'exemple ci-dessus, il est possible d'affecter un objet du type String à une variable de type Object car String hérite de Object. Avec les types génériques, le principe de substitution est possible mais devient un peu plus complexe. Par exemple :

```
List<Object> listeString = new ArrayList<String>(); // ERREUR DE COMPILATION
```

Il n'est pas possible d'affecter une ArrayList de String à une variable de type ArrayList de Object. En effet, si cela était autorisé, il serait alors possible d'ajouter avec la méthode List.add n'importe quel objet de type Object ou d'un type héritant de Object. Donc un développeur pourrait ajouter à cette liste une instance d'une classe *Voiture* par exemple sans que le compilateur puisse détecter le problème :

```
listeString.add(new Voiture()); // Il vaut mieux ne pas pouvoir faire cela !
```

Pour les types génériques, il est nécessaire d'introduire la notion de type borné (*bounded type*) pour pouvoir gérer la substitution correctement. Mais avant d'aller plus loin, il est important de comprendre qu'il existe deux cas fondamentaux. Prenons une exemple de classes qui héritent les unes des autres : *Vehicule*, *Voiture*, *VoitureDeCourse*.

```
package com.cgi.formation;

public class Vehicule {
  // ...
}
```

```
package com.cgi.formation;

public class Voiture extends Vehicule {
  // ...
}
```

```
package com.cgi.formation;

public class VoitureDeCourse extends Voiture {
  // ...
}
```

Si nous créons une instance de ArrayList pour le type *Voiture* :

```
ArrayList<Voiture> listeVoitures = new ArrayList<>();
```

Si on souhaite ajouter des objets dans cette liste, le principe de substitution nous assure que nous pouvons ajouter sans risque une instance de la classe *Voiture* ou une instance de la classe *VoitureDeCourse* (puisqu'une *VoitureDeCourse* est une *Voiture*).

```
listeVoitures.add(new Voiture());
listeVoitures.add(new VoitureDeCourse());
```

Si on souhaite accéder à une élément de cette liste, le principe de substitution nous dit que nous pouvons affecter sans risque un élément de cette liste à une variable de type *Voiture* ou de type *Vehicule* (puisqu'une *Voiture* est un *Vehicule*).

```
Voiture voiture = listeVoitures.get(0);
Vehicule vehicule = listeVoitures.get(0);
```

Il y a donc une différence selon que nous souhaitons ajouter un élément à cette liste ou que nous souhaitons consulter un élément de cette liste. L'ajout s'apparente à utiliser le type paramétré comme paramètre d'entrée et la consultation s'apparente à utiliser le type paramétré comme paramètre de sortie.

Une liste de *Voiture* peut donc aussi être considérée comme :
- une liste de quelque chose qui est au mieux de type *Voiture* dans le cas où l'on souhaite uniquement consulter les éléments de la liste.
- une liste de quelque chose qui est au moins de type *Voiture* dans le cas où on ne souhaite qu'ajouter de nouveaux éléments à la liste.

Il est possible d'exprimer cela en Java. Pour le premier cas, *Voiture* correspond à la borne supérieure (*upper bounded type*) et nous pouvons écrire l'expression suivante :

```
List<? extends Voiture> listePourConsultation = listeVoitures;
Voiture voiture = listePourConsultation.get(0);
```

L'expression **<? extends Voiture>** désigne une **capture** et permet au compilateur de déterminer l'ensemble des classes acceptables.

Pour le second cas, *Voiture* correspond à la borne inférieure (*lower bounded type*) et nous pouvons écrire l'expression suivante :

```
List<? super Voiture> listePourAjout = listeVoitures;
listePourAjout.add(new Voiture());
listePourAjout.add(new VoitureDeCourse());
```

Il est également possible d'utiliser uniquement le caractère de subsitution **?** dans la déclaration de la capture :

```
List<?> listePourAjout = listeVoitures;
```

Dans ce cas, on ne fournit aucune information au compilateur sur le type paramétré de l'instance de la classe.

Note : Pour une classe supportant plusieurs types génériques, on peut au besoin déclarer une capture pour chaque type :

```
Map<?, ? extends Personne> tableauAssociatif = new HashMap<String, Personne>();
```

La déclaration de capture est surtout utile pour la création de méthodes et classes supportant les types génériques.

21.5 Écrire une méthode générique

L'utilisation des captures devient utile lorsque l'on veut écrire une méthode générique qui supporte les types paramétrés. Reprenons notre exemple ci-dessus des classes *Vehicule, Voiture* et *VoitureDeCourse*. La classe *Vehicule* définit la propriété *vitesse* accessible en lecture :

```
package com.cgi.formation;

public class Vehicule {

  private int vitesse;

  public int getVitesse() {
    return vitesse;
  }

}
```

Nous voulons ajouter la méthode de classe *getPlusRapide* qui retourne le véhicule le plus rapide parmi une liste de véhicules :

```
package com.cgi.formation;

import java.util.List;

public class Vehicule {

  private int vitesse;

  public int getVitesse() {
    return vitesse;
  }

  public static Vehicule getPlusRapide(List<Vehicule> vehicules) {
    Vehicule plusRapide = null;
    int vitesse = 0;
    for (Vehicule vehicule : vehicules) {
      if(vehicule.getVitesse() >= vitesse) {
        vitesse = vehicule.getVitesse();
        plusRapide = vehicule;
      }
    }
    return plusRapide;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }
}
```

Si nous nous contentons de cette implémentation, nous allons certainement rencontrer quelques problèmes lors de l'utilisation de la méthode *Vehicule.getPlusRapide* :

```
List<Voiture> listeVoitures = new ArrayList<>();
listeVoitures.add(new Voiture());
listeVoitures.add(new VoitureDeCourse());

Vehicule plusRapide = Vehicule.getPlusRapide(listeVoitures); // ERREUR DE COMPILATION
```

Le code ci-dessus ne compile pas. En effet, on tente de passer en paramètre à la méthode *Vehicule.getPlusRapide* une liste de type *Voiture* alors que la méthode est écrite pour une liste de type *Vehicule*. Nous pourrions utiliser la surcharge en fournissant une implémentation pour chaque type de liste, mais la bonne solution est de déclarer *Vehicule.getPlusRapide* comme une méthode générique :

```
package com.cgi.formation;

import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

public class Vehicule {

  private int vitesse;

  public int getVitesse() {
    return vitesse;
  }

  public static <T extends Vehicule> T getPlusRapide(List<T> vehicules) {
    T plusRapide = null;
    int vitesse = 0;
    for (T vehicule : vehicules) {
      if(vehicule.getVitesse() >= vitesse) {
        vitesse = vehicule.getVitesse();
        plusRapide = vehicule;
      }
    }
    return plusRapide;
  }
}
```

Pour déclarer une méthode générique, il faut décrire le type ou les types paramétrés supportés entre **< >**. Pour l'exemple ci-dessus, on utilise la capture **<T extends Vehicule>**. T est le nom du type générique que l'on peut utiliser dans la signature et le code de la méthode. Dans notre exemple T représente donc le type *Vehicule* ou un type qui hérite de *Vehicule*. On peut donc parcourir les éléments de type **T** de la liste, lire leur propriété *vitesse* et retourner l'instance pour laquelle la vitesse est la plus élevée.

Maintenant nous pouvons utiliser cette méthode en passant une liste de type *Vehi-*

cule, de *Voiture* ou de *VoitureDeCourse*

```
List<Voiture> listeVoitures = new ArrayList<>();
listeVoitures.add(new Voiture());
listeVoitures.add(new VoitureDeCourse());

Voiture plusRapide = Vehicule.getPlusRapide(listeVoitures);
```

Notez que la méthode *Voiture.getPlusRapide* retourne le type générique **T**. Donc le compilateur infère que si on appelle cette méthode avec une liste de type *Voiture* en paramètre alors cette méthode retourne une instance assignable à une variable de type *Voiture*.

Note : Par convention un type paramétré s'écrit avec une seule lettre en majuscule :
- T pour identifier un type générique en général
- E pour identifier un type générique qui représente un élément
- K pour identifier un type générique qui est utilisé comme clé (*key*)
- V pour identifier un type générique qui est utilisé comme une valeur
- U, V, W pour identifier une suite de types génériques si la méthode supporte plusieurs types génériques.

21.6 Écrire une classe générique

Une classe peut également être générique et supporter un ou plusieurs types paramétrés. Par exemple, si nous voulons implémenter une classe *Paire* qui permet d'associer une instance d'une classe avec une instance d'une autre classe, il suffit d'utiliser des types paramétrés en les déclarant entre **< >** après le nom de la classe :

```
package com.cgi.formation;

public class Paire<U, V> {

  private U valeurGauche;
  private V valeurDroite;

  public Paire(U valeurGauche, V valeurDroite) {
    this.valeurGauche = valeurGauche;
    this.valeurDroite = valeurDroite;
  }

  public U getValeurGauche() {
    return valeurGauche;
  }

  public V getValeurDroite() {
    return valeurDroite;
  }

  @Override
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public String toString() {
    return valeurGauche + " " + valeurDroite;
  }

}
```

La classe *Paire* peut maintenant être utilisée pour associer n'importe quel type d'instances :

```
Paire<String, Integer> paireStringInteger = new Paire<>("test", 1);

Paire<Voiture, Voiture> paireVoitureVoiture = new Paire<>(new Voiture(), new␣
↪Voiture());
```

Comme pour les méthodes, il est possible de préciser une capture pour les types paramétrés :

```
public class Paire<U extends Number, V> {

  private U valeurGauche;
  private V valeurDroite;

  public Paire(U valeurGauche, V valeurDroite) {
    this.valeurGauche = valeurGauche;
    this.valeurDroite = valeurDroite;
  }

  public U getValeurGauche() {
    return valeurGauche;
  }

  public V getValeurDroite() {
    return valeurDroite;
  }

  @Override
  public String toString() {
    return valeurGauche + " " + valeurDroite;
  }
}
```

En précisant **<U extends Number, V>** dans la déclaration de la classe, nous limitons le premier type paramétré au type Number ou un type qui en hérite.

Note : La classe Number est la classe parente des classes enveloppes Integer, Long, Short, Byte, Float et Double.

```
Paire<Integer, String> paireIntegerString = new Paire<>(1, "Test");
Paire<Float, String> paireFloatString = new Paire<>(1.3f, "Test");
```

21.7 Limitations

Les méthodes et les classes génériques ont des limitations.

Les types paramétrés ne s'appliquent que pour des classes. On ne peut pas spécifier un type primitif. Si on désire créer une instance de ArrayList pour des nombres, alors on peut passer par la classe enveloppe Integer :

```
ArrayList<Integer> listeDeNombres = new ArrayList<Integer>();
```

La déclaration d'un type paramétré ne fait pas partie du nom d'une classe. Donc il n'est pas possible de spécifier un type paramétré avec le mot-clé **instanceof** :

```
if (listeVoiture instanceof List<Voiture>) { // ERREUR DE COMPILATION
  // ...
}
```

Il n'est pas possible d'instancier un type paramétré dans le corps d'une méthode générique :

```
 public static <T> doSomething(List<T> l) {
   l.add(new T()); // ERREUR DE COMPILATION
 }
```

Il n'est pas possible de déclarer un attribut de classe (**static**) en utilisant un type paramétré :

```
public class Test<T> {

  private static T attribut; // ERREUR DE COMPILATION

}
```

Il n'est pas possible de créer des tableaux en spécifiant des types paramétrés :

```
List<String>[] tableau = new List<String>[10]; // ERREUR DE COMPILATION
```

Il n'est pas possible d'utiliser un type paramétré dans une expression **catch** :

```
public static <T extends Exception> void doSomething() {
  try {
    // ...
  } catch (T t) { // ERREUR DE COMPILATION
    // ...
  }
}
```

Il n'est pas possible de surcharger (*overload*) une méthode en ne changeant que le type paramétré d'un paramètre :

```
public class Test {

  public void doSomething(List<String> l) {
    // ...
  }

  public void doSomething(List<Integer> l) { // ERREUR DE COMPILATION
    // ...
  }
}
```

Note : Beaucoup des limitations des classes et des méthodes génériques viennent de ce que l'on appelle *l'effacement du type* (*type erasure*). Les types paramétrés ne sont pas conservés dans le bytecode produit par le compilateur.

Pour l'exemple ci-dessus, la suppression du type par le compilateur conduit à la classe suivante :

```
public class Test {

  public void doSomething(List l) {
    // ...
  }

  public void doSomething(List l) {
    // ...
  }
}
```

Donc, le résultat de la compilation amènerait à déclarer une classe avec deux méthodes strictement identiques. Voilà pourquoi il n'est pas possible de surcharger une méthode juste en changeant le type paramétré d'un paramètre.

CHAPITRE 22

Les collections

Lors d'un *chapitre précédent*, nous avons vu qu'il est possible de déclarer des tableaux en Java pour gérer un ensemble d'éléments. Cependant, ce type de structure reste limité : un tableau a une taille fixe (il est impossible d'ajouter ou d'enlever des éléments d'un tableau). De plus, il est souvent utile de disposer d'autres structures de données pour gérer des groupes d'éléments.

On appelle *collections* un ensemble de classes et d'interfaces fournies par l'API standard et disponibles pour la plupart dans le package java.util. Parmi ces collections, on trouve les listes (*lists*), les ensembles (*sets*) et les tableaux associatifs (*maps*). Elles forment ce que l'on appelle le Java Collections Framework.

Toutes ces classes et interfaces sont génériques. On ne peut donc créer que des collections d'objets. Si vous souhaitez créer une collection pour un type primitif, vous devez utiliser la classe enveloppe correspondante (par exemple Integer pour **int**).

22.1 Les listes

Une liste est une collection ordonnée d'éléments. Il existe différentes façons d'implémenter des listes dont les performances sont optimisées soit pour les accès aléatoires aux éléments soit pour les opérations d'insertion et de suppression d'éléments.

Java propose plusieurs classes d'implémentation pour les listes selon les besoins de performance. Comme toutes ces classes implémentent des interfaces communes, il est conseillé de manipuler les instances de ces classes uniquement à travers des variables du type de l'interface adaptée : Collection, List, Queue ou Deque.

L'interface Collection dont hérite toutes les autres interfaces pour les listes, hérite elle-même de Iterable. Cela signifie que toutes les classes et toutes les interfaces servant à représenter des listes dans le Java Collections Framework peuvent être parcourues avec une structure de **for** amélioré (*foreach*).

22.1.1 La classe ArrayList

La classe java.util.ArrayList est une implémentation de l'interface List. Elle stocke les éléments de la liste sous la forme de blocs en mémoire. Cela signifie que la classe ArrayList est très performante pour les accès aléatoire en lecture aux éléments de la liste. Par contre, les opérations d'ajout et de suppression d'un élement se font en temps linéaire. Elle est donc moins performante que la classe LinkedList sur ce point.

```
List<String> liste = new ArrayList<String>();

liste.add("une première chaîne");
liste.add("une troisième chaîne");

System.out.println(liste.size()); // 2

// insertion d'un élément
liste.add(1, "une seconde chaîne");

System.out.println(liste.size()); // 3

for (String s : liste) {
  System.out.println(s);
}

String premierElement = liste.get(0);

System.out.println(liste.contains("une première chaîne")); // true
System.out.println(liste.contains("quelque chose qui n'est pas dans la liste")); //␣
↪false

// suppression du dernier élément de la liste
liste.remove(liste.size() - 1);

// ajout de tous les éléments d'une autre liste à la fin de la liste
liste.addAll(Arrays.asList("une autre chaîne", "et encore une autre chaîne"));

System.out.println(liste.size()); // 4

// [une première chaîne, une seconde chaîne, une autre chaîne, et encore une autre␣
↪chaîne]
System.out.println(liste);
```

Il est possible de réserver de l'espace mémoire pour une liste pouvant contenir n éléments. Pour cela, on peut passer la taille voulue à la création d'une instance de ArrayList ou en appelant la méthode ArrayList.ensureCapacity. La liste ne change pas de taille pour autant, un espace mémoire est simplement alloué en prévision.

```
// capacité de 10
ArrayList<String> liste = new ArrayList<String>(10);

// capacité d'au moins 100
liste.ensureCapacity(100);

System.out.println(liste.size()); // 0
```

22.1.2 La classe LinkedList

La classe java.util.LinkedList est une implémentation de l'interface List. Sa représentation interne est une liste doublement chaînée. Cela signifie que la classe LinkedList est très performante pour les opérations d'insertion et de suppression d'éléments. Par contre, l'accès aléatoire en lecture aux éléments se fait en temps linéaire. Elle est donc moins performante que la classe ArrayList sur ce point.

```
List<String> liste = new LinkedList<String>();


liste.add("une première chaîne");
liste.add("une troisième chaîne");

System.out.println(liste.size()); // 2

// insertion d'un élément
liste.add(1, "une seconde chaîne");

System.out.println(liste.size()); // 3

for (String s : liste) {
  System.out.println(s);
}

String premierElement = liste.get(0);

System.out.println(liste.contains("une première chaîne")); // true
System.out.println(liste.contains("quelque chose qui n'est pas dans la liste")); //␣
↪false

// suppression du dernier élément de la liste
liste.remove(liste.size() - 1);

// ajout de tous les éléments d'une autre liste à la fin de la liste
liste.addAll(Arrays.asList("une autre chaîne", "et encore une autre chaîne"));

System.out.println(liste.size()); // 4
System.out.println(liste);
```

La classe LinkedList implémente également les interfaces Queue et Deque (*double ended queue*), elle peut donc représenter des structures de type LIFO (*Last In First Out*) ou FIFO (*First In First Out*).

```
Queue<String> queue = new LinkedList<String>();

// insère un élément dans la file
queue.offer("un élément");

// lit l'élément en tête de la file sans l'enlever de la file
System.out.println(queue.peek()); // "un élément"
// lit l'élément en tête de la file et l'enleve de la file
System.out.println(queue.poll()); // "un élément"

System.out.println(queue.isEmpty()); // true
```

```java
Deque<String> deque = new LinkedList<String>();

// empile deux éléments
deque.push("élément 1");
deque.push("élément 2");

// lit le premier élément de la file sans l'enlever
System.out.println(deque.peekFirst()); // élément 2
// lit le dernier élément de la file sans l'enlever
System.out.println(deque.peekLast()); // élément 1
// lit l'élément de tête de la file sans l'enlever
System.out.println(deque.peek()); // élément 2
// lit l'élément de tête de la file et l'enlève
System.out.println(deque.pop()); // élément 2
System.out.println(deque.pop()); // élément 1

System.out.println(deque.isEmpty()); // true
```

22.1.3 La classe ArrayDeque

La classe java.util.ArrayDeque est une implémentation des interfaces Queue et Deque (mais elle **n'implémente pas** List). Elle est conçue pour être plus performante que LinkedList pour les opérations d'ajout et de suppression en tête et en fin de liste. Si vous voulez utiliser une collection uniquement pour représenter une file ou une pile de type LIFO (*Last In First Out*) ou FIFO (*First In First Out*), alors il est préférable de créer une instance de la classe ArrayDeque.

```java
Queue<String> queue = new ArrayDeque<String>();

// insère un élément dans la file
queue.offer("un élément");

// lit l'élément en tête de la file sans l'enlever de la file
System.out.println(queue.peek()); // "un élément"
// lit l'élément en tête de la file et l'enleve de la file
System.out.println(queue.poll()); // "un élément"

System.out.println(queue.isEmpty()); // true
```

```java
Deque<String> deque = new ArrayDeque<String>();

// empile deux éléments
deque.push("élément 1");
deque.push("élément 2");

// lit le premier élément de la file sans l'enlever
System.out.println(deque.peekFirst()); // élément 2
// lit le dernier élément de la file sans l'enlever
System.out.println(deque.peekLast()); // élément 1
// lit l'élément de tête de la file sans l'enlever
System.out.println(deque.peek()); // élément 2
// lit l'élément de tête de la file et l'enlève
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
System.out.println(deque.pop()); // élément 2
System.out.println(deque.pop()); // élément 1

System.out.println(deque.isEmpty()); // true
```

Comme pour la classe ArrayList, il est possible de réserver un espace mémoire pour n éléments au moment de la création d'une instance de ArrayDeque.

```
// Assurer une capacité minimale de 100 éléments
ArrayDeque<String> arrayDeque = new ArrayDeque<>(100);

System.out.println(arrayDeque.size()); // 0
```

22.1.4 La classe PriorityQueue

La classe java.util.PriorityQueue permet d'ajouter des éléments dans une file selon un ordre naturel : soit parce que les éléments de la file implémentent l'interface Comparable, soit parce qu'une instance de Comparator a été fournie à la création de l'instance de PriorityQueue. Quel que soit l'ordre d'insertion, les éléments seront extraits de la file selon l'ordre naturel.

```
Queue<String> queue = new PriorityQueue<>();

queue.add("i");
queue.add("e");
queue.add("u");
queue.add("o");
queue.add("a");
queue.add("y");

System.out.println(queue.poll()); // a
System.out.println(queue.poll()); // e
System.out.println(queue.poll()); // i
System.out.println(queue.poll()); // o
System.out.println(queue.poll()); // u
System.out.println(queue.poll()); // y
```

Prudence : La classe PriorityQueue ne garantit pas que l'ordre naturel sera respecté si on parcourt la file à l'aide d'un **for**.

22.1.5 Les classes Vector et Stack

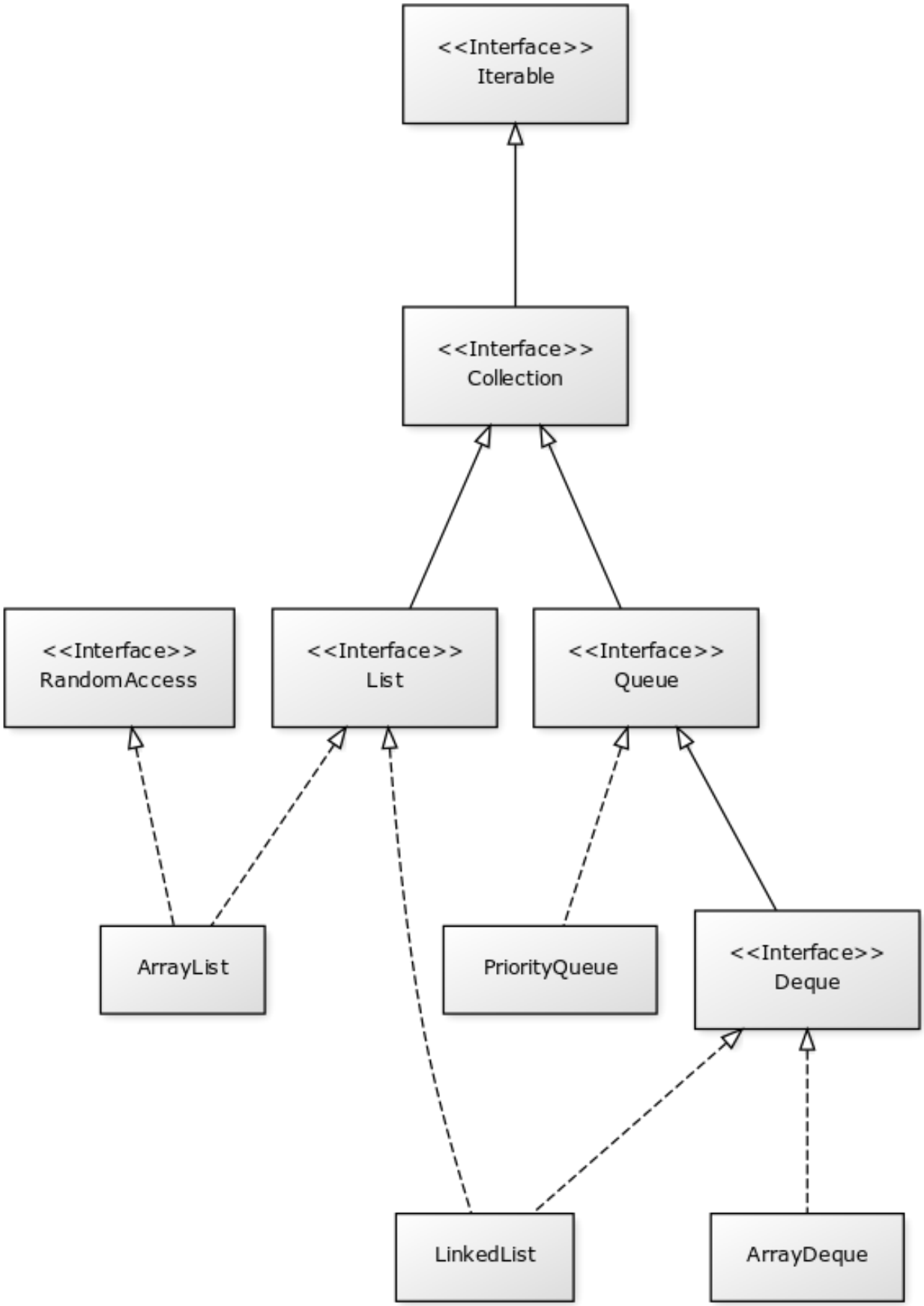
La version 1.0 de Java a d'abord inclus les classes java.util.Vector et java.util.Stack. La classe Vector permet de représenter une liste d'éléments comme la classe ArrayList. La classe Stack qui hérite de Vector permet de représenter des piles de type LIFO (*Last In First Out*). Ces deux classes sont toujours présentes dans l'API pour des

raisons de compatibilité ascendante mais il ne faut **surtout pas** s'en servir. En effet, ces classes utilisent des mécanismes de synchronisation internes dans le cas où elles sont utilisées pour des accès concurrents (programmation parallèle ou *multithread*). Or, non seulement ces mécanismes de synchronisation pénalisent les performances mais en plus, ils se révèlent largement inefficaces pour gérer les accès concurrents (il existe d'autres façons de faire en Java).

Les classes ArrayList et ArrayDeque se substituent très bien aux classes Vector et Stack.

22.1.6 Les interfaces pour les listes

Les listes du Java Collections Framework sont liées aux interfaces Iterable, Collection, List, Queue, Deque et RandomAccess. Ci-dessous le diagramme de classes présentant les différents héritages et implémentations pour les quatre principales classes :


<<Interface>>
Iterable
<<Interface>>
Collection
<<Interface>>
RandomAccess
<<Interface>>
List
<<Interface>>
Queue
ArrayList
PriorityQueue
<<Interface>>
Deque
LinkedList
ArrayDeque

Comme proposé par le principe de ségrégation d'interface, les variables, les paramètres et les attributs représentant des listes devraient avoir le type de l'interface adaptée. Par exemple, si vous utilisez une instance de PriorityQueue, vous devriez y accéder à partir de l'interface Queue si vous n'effectuez que des opérations d'ajout, de suppression ou de consultation des éléments.

Iterable Cette interface permet d'obtenir un Iterator pour parcourir la liste. Elle permet également de parcourir la liste avec un **for** amélioré (*foreach*).

Collection Il s'agit de l'interface racine pour les collections. Elle déclare beaucoup de méthodes pour consulter ou modifier une collection. C'est également cette interface qui déclare la méthode size pour connaître la taille de la collection et les méthodes toArray pour obtenir un tableau à partir d'une collection. Par contre, cette interface ne permet pas d'accéder aléatoirement à un élément d'une collection (c'est-à-dire à partir de son index).

List Cette interface représente une collection ordonnée (une séquence) d'éléments. Elle déclare des méthodes pour accéder, pour modifier ou pour supprimer des éléments à partir de leur index (on parle aussi d'accès aléatoire). Cette interface déclare également la méthode sort pour permettre de trier la liste.

Queue Une file (*queue*) est une structure de données pour laquelle l'ordre des éléments est important mais les opérations de consultation, d'ajout et de suppression se font uniquement sur la tête de la file (le premier élément).

Deque Deque est la contraction de *double ended queue*. Cette interface représente une structure de données pour laquelle l'ordre des éléments est important mais les opération des consultation, d'ajout et de suppression se font soit sur le premier élément soit sur le dernier élément.

RandomAccess Il s'agit d'une *interface marqueur* qui signale que l'implémentation associée supporte les accès aléatoire en un temps constant. Par exemple, ArrayList implémente RandomAccess mais pas LinkedList. Cette interface existe avant tout pour des raisons d'optimisation de parcours de liste.

22.2 Les ensembles (set)

Les ensembles (*set*) sont des collections qui ne contiennent aucun doublon. Deux élements e1 et e2 sont des doublons si :

```
e1.equals(e2) == true
```

ou si e1 vaut **null** et e2 vaut **null**. Pour contrôler l'unicité, le Java Collections Framework fournit trois implémentations : TreeSet, HashSet et LinkedHashSet.

Note : Il existe également un EnumSet qui représente un ensemble d'énumérations. Son implémentation est très compacte et très performante mais n'est utilisable que pour des *énumérations*.

22.2.1 La classe TreeSet

La classe TreeSet contrôle l'unicité de ces éléments en maintenant en interne une liste triée par ordre naturel des éléments. L'ordre peut être donné soit parce que les éléments implémentent l'interface Comparable soit parce qu'une implémentation de Comparator est passée en paramètre de constructeur au moment de la création de l'instance de TreeSet.

```
Set<String> ensemble = new TreeSet<String>();

ensemble.add("élément");
ensemble.add("élément");
ensemble.add("élément");
ensemble.add("élément");

System.out.println(ensemble.size()); // 1

ensemble.remove("élément");

System.out.println(ensemble.isEmpty()); // true
```

La classe TreeSet a donc comme particularité de toujours conserver ses éléments triés.

22.2.2 La classe HashSet

La classe HashSet utilise un code de hachage (hash code) pour contrôler l'unicité de ces éléments. Un code de hachage est une valeur associée à objet. Deux objets identiques doivent obligatoirement avoir le même code de hachage. Par contre deux objets distincts ont des codes de hachage qui peuvent être soit différents soit identiques. Un ensemble d'éléments différents mais qui ont néanmoins le même code de hachage forment un *bucket*. La classe HashSet maintient en interne un tableau associatif entre une valeur de hachage et un *bucket*. Lorsqu'un nouvel élément est ajouté au HashSet, ce dernier calcule son code de hachage et vérifie si cette valeur a déjà été stockée. Si c'est le cas, alors les éléments du *bucket* associé sont parcourus un à un pour vérifier s'ils sont identiques ou non au nouvel élément.

Note : Le code de hachage d'un objet est donné par la méthode Object.hashCode. L'implémentation par défaut de cette méthode ne convient généralement pas. En effet, elle retourne un code différent pour des objets différents en mémoire. Deux objets qui ont un état considéré comme identique mais qui existent de manière distincte en mémoire auront un code de hachage différent si on utilise l'implémentation par défaut. Beaucoup de classes redéfinissent donc cette méthode (c'est notamment le cas de la classe String).

```
Set<String> ensemble = new HashSet<String>();
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
ensemble.add("élément");
ensemble.add("élément");
ensemble.add("élément");
ensemble.add("élément");

System.out.println(ensemble.size()); // 1

ensemble.remove("élément");

System.out.println(ensemble.isEmpty()); // true
```

L'implémentation de la classe HashSet a des performances en temps très supérieures à TreeSet pour les opérations d'ajout et de suppression d'élément. Elle impose néanmoins que les éléments qu'elle contient génèrent correctement un code de hachage avec la méthode hashCode. Contrairement à TreeSet, elle ne garantit pas l'ordre dans lequel les éléments sont stockés et donc l'ordre dans lequel ils peuvent être parcourus.

22.2.3 La classe LinkedHashSet

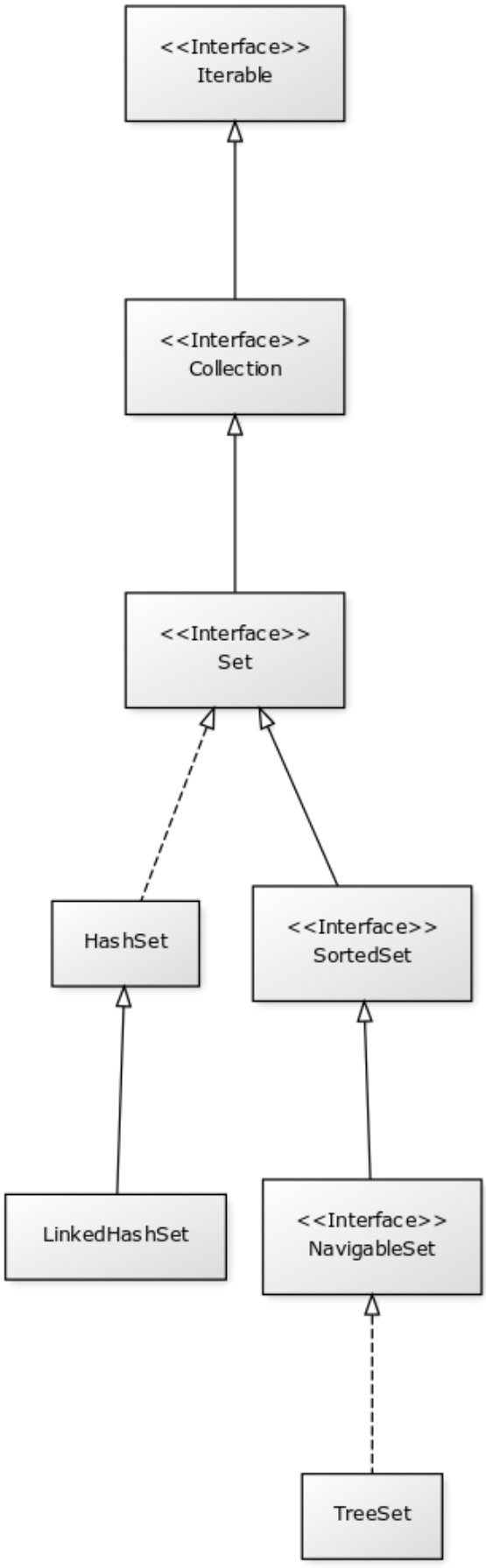
La classe LinkedHashSet, comme la classe HashSet, utilise en interne un code de hachage mais elle garantit en plus que l'ordre de parcours des éléments sera le même que l'ordre d'insertion. Cette implémentation garantit également que si elle est créée à partir d'un autre Set, l'ordre des éléments sera maintenu.

```
Set<String> ensemble = new LinkedHashSet<String>();

ensemble.add("premier élément");
ensemble.add("premier élément");
ensemble.add("premier élément");
ensemble.add("premier élément");

ensemble.add("deuxième élément");

ensemble.add("premier élément");

ensemble.add("troisième élément");

ensemble.add("premier élément");

// [premier élément, deuxième élément, troisième élément]
System.out.println(ensemble);
```

La classe LinkedHashSet a été créée pour réaliser un compromis entre la classe HashSet et la classe TreeSet afin d'avoir des performances proches de la première tout en offrant l'ordre de parcours pour ses éléments.

22.2.4 Les interfaces pour les ensembles

Les ensembles du Java Collections Framework sont liés aux interfaces Iterable, Collection, Set, SortedSet et NavigableSet. Ci-dessous le diagramme de classes présentant les différents héritages et implémentations pour les trois principales classes :


<<Interface>>
Iterable
<<Interface>>
Collection
<<Interface>>
Set
HashSet
<<Interface>>
SortedSet
LinkedHashSet
<<Interface>>
NavigableSet
TreeSet

Comme proposé par le principe de ségrégation d'interface, les variables, les paramètres et les attributs représentant des ensemble devraient avoir le type de l'interface adaptée. Par exemple, si vous utilisez une instance de HashSet, vous devriez y accéder à partir de l'interface Set.

Iterable Cette interface permet d'obtenir un Iterator pour parcourir la liste. Elle permet également de parcourir l'ensemble avec un **for** amélioré (*foreach*).

Collection Il s'agit de l'interface racine pour les collections. Elle déclare beaucoup de méthodes pour consulter ou modifier une collection. C'est également cette interface qui déclare la méthode size pour connaître la taille de la collection et les méthodes toArray pour obtenir un tableau à partir d'une collection.

Set Il s'agit de l'interface qui définit la collection comme un ensemble, c'est-à-dire comme une liste d'éléments sans doublon.

SortedSet Cette interface indique que l'ensemble maintient en interne un ordre naturel de ses éléments. Elle offre notamment des méthodes pour accéder au premier et au dernier élément de l'ensemble.

NavigableSet Cette interface déclare des méthodes de navigation permettant par exemple de créer un sous ensemble à partir des éléments qui sont plus grands qu'un élément donné.

22.3 Copie d'une collection dans un tableau

L'interface Collection commune aux listes et aux ensembles déclare deux méthodes qui permettent de copier les références des éléments d'une collection dans un tableau :

toArray() Crée une nouvelle instance d'un tableau d'Object de la même taille que la collection et copie les références des éléments de la collection dans ce tableau.

toArray(T[]) Si le tableau passé en paramètre est suffisamment grand pour contenir les éléments de la collection, alors les références y sont copiées. Sinon un tableau du même type que celui passé en paramètre est créé et les références des éléments de la collection y sont copiées.

```
Collection<String> collection = new ArrayList<>();
collection.add("un");
collection.add("deux");
collection.add("trois");

Object[] tableauObjet = collection.toArray();

String[] tableauString = collection.toArray(new String[0]);

String[] autreTableauString = new String[collection.size()];
String[] memeTableauString = collection.toArray(autreTableauString);

// Tous les tableaux contiennent les mêmes éléments
System.out.println(Arrays.equals(tableauObjet, tableauString)); // true
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
System.out.println(Arrays.equals(tableauObjet, autreTableauString)); // true
System.out.println(Arrays.equals(tableauObjet, memeTableauString)); // true

// Les variables référencent le même tableau
System.out.println(autreTableauString == memeTableauString); // true
```

22.4 Les tableaux associatifs (maps)

Un tableau associatif (parfois appelé dictionnaire) ou *map* permet d'associer une clé à une valeur. Un tableau associatif ne peut pas contenir de doublon de clés.

Les classes et les interfaces représentant des tableaux associatifs sont génériques et permettent de spécifier un type pour la clé et un type pour la valeur. Le Java Collections Framework fournit plusieurs implémentations de tableaux associatifs : TreeMap, HashMap, LinkedHashMap.

Note : La classe EnumMap qui représente un tableau associatif dont les clés sont des énumérations. Son implémentation est très compacte et très performante mais n'est utilisable que pour des clés de type *énumération*.

22.4.1 La classe TreeMap

La classe TreeMap est basée sur l'implémentation d'un arbre bicolore pour déterminer si une clé existe ou non dans le tableau associatif. Elle dispose d'une bonne performance en temps pour les opérations d'accès, d'ajout et de suppression de la clé.

Cette classe contrôle l'unicité et l'accès à la clé en maintenant en interne une liste triée par ordre naturel des clés. L'ordre peut être donné soit parce que les éléments implémentent l'interface Comparable soit parce qu'une implémentation de Comparator est passée en paramètre de constructeur au moment de la création de l'instance de TreeMap.

```
Map<String, Integer> tableauAssociatif = new TreeMap<>();
tableauAssociatif.put("un", 1);
tableauAssociatif.put("deux", 2);
tableauAssociatif.put("trois", 3);

System.out.println(tableauAssociatif.get("deux")); // 2

int resultat = 0;
for (String s : "un deux trois".split(" ")) {
  resultat += tableauAssociatif.get(s);
}
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
System.out.println(resultat); // 6

tableauAssociatif.remove("trois");
tableauAssociatif.put("deux", 1000);

System.out.println(tableauAssociatif.keySet()); // [deux, un]
System.out.println(tableauAssociatif.values()); // [1000, 1]
```

La classe TreeMap a donc comme particularité de conserver toujours ses clés triées.

22.4.2 La classe HashMap

La classe HashMap utilise un code de hachage (hash code) pour contrôler l'unicité et l'accès aux clés. Un code de hachage est une valeur associée à un objet. Deux objets identiques doivent obligatoirement avoir le même code de hachage. Par contre deux objets distincts ont des codes de hachage qui peuvent être soit différents soit identiques. Un ensemble de clés différentes mais qui ont néanmoins le même code de hachage forment un *bucket*. La classe HashMap maintient en interne un tableau associatif entre une valeur de hachage et un *bucket*. Lorsqu'une nouvelle clé est ajoutée au HashMap, ce dernier calcule son code de hachage et vérifie si ce code a déjà été stocké. Si c'est le cas, alors la valeur passée remplace l'ancienne valeur associée à cette clé. Sinon la nouvelle clé est ajoutée avec sa valeur.

Note : Le code de hachage d'un objet est donné par la méthode Object.hashCode. L'implémentation par défaut de cette méthode ne convient généralement pas. En effet, elle retourne un code différent pour des objets différents en mémoire. Deux objets qui ont un état considéré comme identique mais qui existent de manière distincte en mémoire auront un code de hachage différent si on utilise l'implémentation par défaut. Beaucoup de classes redéfinissent donc cette méthode (c'est notamment le cas de la classe String).

```
Map<String, Integer> tableauAssociatif = new HashMap<>();
tableauAssociatif.put("un", 1);
tableauAssociatif.put("deux", 2);
tableauAssociatif.put("trois", 3);

System.out.println(tableauAssociatif.get("deux")); // 2

int resultat = 0;
for (String s : "un deux trois".split(" ")) {
  resultat += tableauAssociatif.get(s);
}

System.out.println(resultat); // 6

tableauAssociatif.remove("trois");
tableauAssociatif.put("deux", 1000);
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
System.out.println(tableauAssociatif.keySet()); // [deux, un]
System.out.println(tableauAssociatif.values()); // [1, 1000]
```

L'implémentation de la classe HashSet a des performances en temps supérieures à TreeSet pour les opérations d'ajout et d'accès. Elle impose néanmoins que les éléments qu'elle contient génèrent correctement un code de hachage avec la méthode hashCode. Contrairement à la classe TreeMap, elle ne garantit pas l'ordre dans lequel les clés sont stockées et donc l'ordre dans lequel elles peuvent être parcourues.

22.4.3 La classe LinkedHashMap

La classe LinkedHashMap, comme la classe HashMap, utilise en interne un code de hachage mais elle garantit en plus que l'ordre de parcours des clés sera le même que l'ordre d'insertion. Cette implémentation garantit également que si elle est créée à partir d'une autre Map, l'ordre des clés sera maintenu.

```
Map<String, Integer> tableauAssociatif = new LinkedHashMap<>();
tableauAssociatif.put("rouge", 0xff0000);
tableauAssociatif.put("vert", 0x00ff00);
tableauAssociatif.put("bleu", 0x0000ff);

// affichera : rouge puis vert puis bleu
for (String k: tableauAssociatif.keySet()) {
  System.out.println(k);
}
```

La classe LinkedHashMap a été créée pour réaliser un compromis entre la classe HashMap et la classe TreeMap afin d'avoir des performances proches de la première tout en offrant l'ordre de parcours pour ses clés.

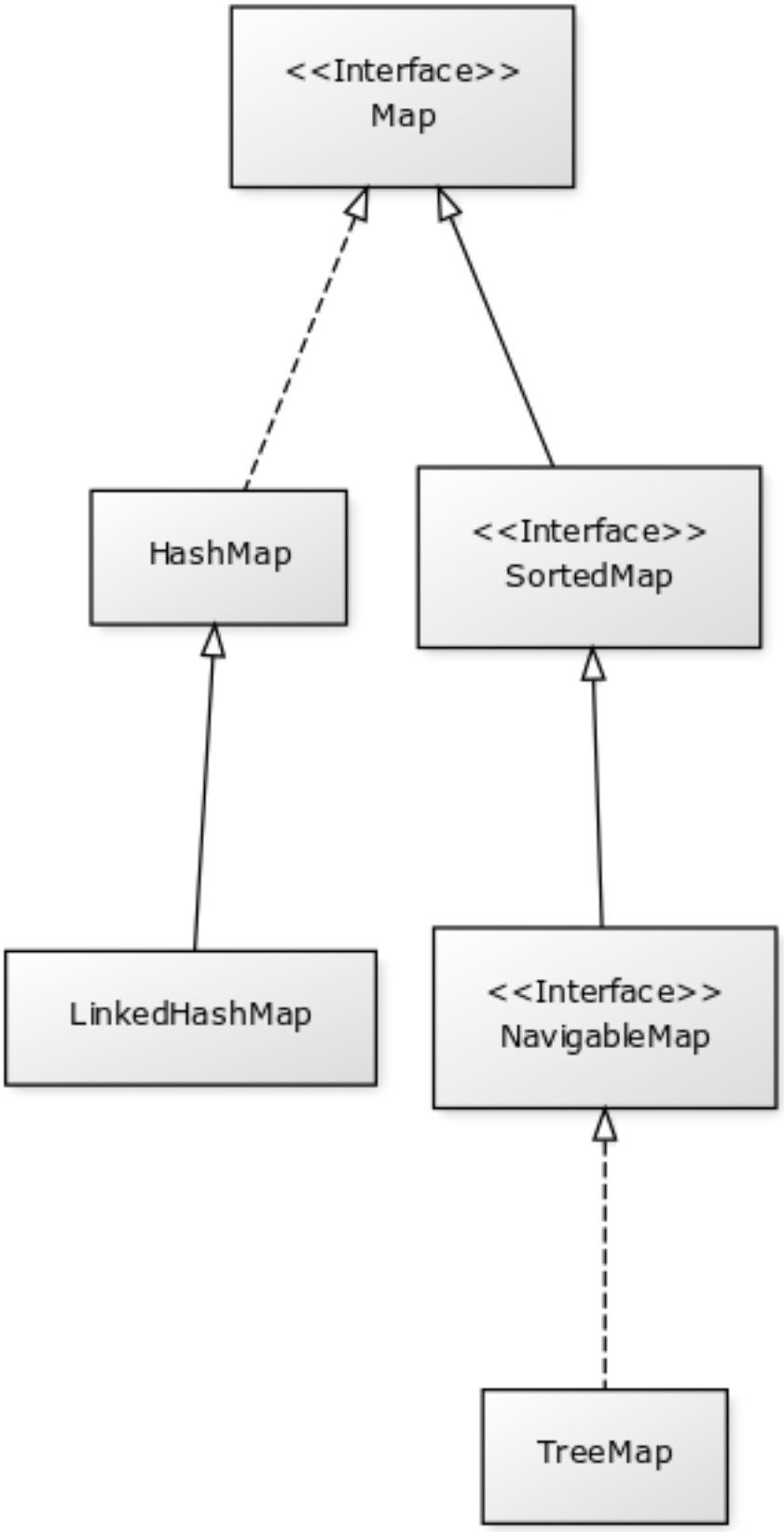
22.4.4 Les classes Dictionary et Hashtable

La version 1.0 de Java a d'abord inclus les classes java.util.Dictionary et java.util.Hashtable pour représenter des tableaux associatifs. Ces deux classes sont toujours présentent dans l'API pour des raisons de compatibilité ascendante mais il ne faut **surtout pas** s'en servir. En effet, ces classes utilisent des mécanismes de synchronisation internes dans le cas où elles sont utilisées pour des accès concurrents (programmation parallèle ou *multithread*). Or, non seulement ces mécanismes de synchronisation pénalisent les performances mais en plus, ils se révèlent largement inefficaces pour gérer les accès concurrents (il existe d'autres façons de faire en Java).

22.4.5 Les interfaces pour les tableaux associatifs

Les tableaux associatifs du Java Collections Framework sont liés aux interfaces Map, SortedMap et NavigableMap. Ci-dessous le diagramme de classes présentant les dif-

férents héritages et implémentations pour les trois principales classes :



Comme proposé par le principe de ségrégation d'interface, les variables, les para-

mètres et les attributs représentant des tableaux associatifs devraient avoir le type de l'interface adaptée. Par exemple, si vous utilisez une instance de HashMap, vous devriez y accéder à partir de l'interface Map.

Map Il s'agit de l'interface qui définit un tableau associatif. Elle déclare les méthodes d'ajout de clé et de valeur, de consultation et de suppression à partir de la clé. Il est également possible d'obtenir l'ensemble des clés ou la collection de toutes les valeurs. Cette interface permet également de connaître la taille du tableau associatif.

SortedMap Cette interface indique que le tableau associatif maintient en interne un ordre naturel de ses clés. Elle offre notamment des méthodes pour accéder à la première et à la dernière clé de l'ensemble.

NavigableMap Cette interface déclare des méthodes de navigation permettant par exemple de créer un sous ensemble à partir des clés qui sont plus grandes qu'une clé donnée.

22.5 La classe outil Collections

La classe java.util.Collections est une classe outil qui contient de nombreuses méthodes pour les listes, les ensembles et les tableaux associatifs. Elle contient également des attributs de classes correspondant à une liste, un ensemble et un tableau associatif vides et immutables.

```java
package com.cgi.formation;

import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;

public class TestCollections {

  public static void main(String[] args) {

    List<String> liste = new ArrayList<>();
    Collections.addAll(liste, "un", "deux", "trois", "quatre");

    // La chaîne a plus grande dans la liste : "un"
    String max = Collections.max(liste);
    System.out.println(max);

    // Inverse l'ordre de la liste
    Collections.reverse(liste);
    // [quatre, trois, deux, un]
    System.out.println(liste);

    // Trie la liste
    Collections.sort(liste);
    // [deux, quatre, trois, un]
    System.out.println(liste);

    // Recherche de l'index de la chaîne "deux" dans la liste triée : 0
    int index = Collections.binarySearch(liste, "deux");
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    System.out.println(index);

    // Remplace tous les éléments par la même chaîne
    Collections.fill(liste, "même chaîne partout");
    // [même chaîne partout, même chaîne partout, même chaîne partout, même chaîne␣
↪partout]
    System.out.println(liste);

    // Enveloppe la liste dans une liste qui n'autorise plus a modifier son contenu
    liste = Collections.unmodifiableList(liste);

    // On tente de modifier une liste qui n'est plus modifiable
    liste.add("Test"); // ERREUR à l'exécution : UnsupportedOperationException

  }

}
```

CHAPITRE 23

Les entrées/sorties

En Java les entrées/sorties sont représentées par des objets de type java.io.InputStream java.io.Reader, java.io.OutputStream et java.io.Writer. Le package java.io définit un ensemble de classes qui vont pouvoir être utilisées conjointement avec ces quatre classes abstraites pour réaliser des traitements plus complexes.

23.1 InputStream et classes concrètes

La classe InputStream est une *classe abstraite* qui représente un flux d'entrée de données binaires. Elle déclare des méthodes read qui permettent de lire des données octet par octet ou bien de les copier dans un tableau. Ces méthodes retournent le nombre de caractères lus ou -1 pour signaler la fin du flux. Il existe plusieurs classes qui en fournissent une implémentation concrète.

La classe ByteArrayInputStream permet d'ouvrir un flux de lecture binaire sur un tableau de **byte**.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.ByteArrayInputStream;

public class TestByteArrayInputStream {

  public static void main(String[] args) {
    byte[] tableau = "hello the world".getBytes();
    ByteArrayInputStream stream = new ByteArrayInputStream(tableau);

    int octet;
    while ((octet = stream.read()) != -1) {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
      System.out.print((char) octet);
    }
  }

}
```

La classe FileInputStream permet d'ouvrir un flux de lecture binaire sur un fichier.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.FileInputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;

public class TestFileInputStream {

  public static void main(String[] args) throws IOException {

    try (InputStream stream = new FileInputStream("/chemin/vers/mon/fichier.bin")) {
      byte[] buffer = new byte[1024];
      int nbRead;
      while ((nbRead = stream.read(buffer)) != -1) {
        // ...
      }
    }

  }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, on utilise la méthode InputStream.read qui prend un tableau d'octets en paramètre. Cela est plus efficace que de lire le fichier octet par octet.

Prudence : À part s'ils représentent une zone mémoire, les flux de données sont généralement attachés à des ressources système (descripteurs de fichier ou de socket). Il est donc impératif de fermer ces flux en appelant leur méthode **close** lorsqu'ils ne sont plus nécessaires pour libérer les ressources système associées. Comme toutes les méthodes d'un flux sont susceptibles de jeter une IOException, on utilise généralement le bloc **finally** pour appeler la méthode **close**.

```
InputStream stream = new FileInputStream("chemin/vers/mon/fichier.bin");
try {
  byte[] buffer = new byte[1024];
  int nbRead;
  while ((nbRead = stream.read(buffer)) != -1) {
    // ...
  }
} finally {
  stream.close();
}
```

Toutes les classes qui représentent des flux d'entrée ou de sortie implémentent l'interface Closeable. Cela signifie qu'elles peuvent être utilisées avec la syntaxe *try-with-resources* et ainsi faciliter leur gestion en garantissant une fermeture automatique.

```
try (InputStream stream = new FileInputStream("/chemin/vers/mon/fichier.bin")) {
  byte[] buffer = new byte[1024];
  int nbRead;
  while ((nbRead = stream.read(buffer)) != -1) {
    // ...
  }
}
```

Les flux System.in, System.out et System.err qui permettent de lire ou d'écrire sur la console sont des cas particuliers. Ils sont ouverts au lancement de l'application et seront automatiquement fermés à la fin. Il est néanmoins possible de fermer explicitement ces flux si on veut détacher l'application du *shell* à partir duquel elle a été lancée.

23.2 OutputStream et classes concrètes

La classe OutputStream est une *classe abstraite* qui représente un flux de sortie de données binaires. Elle déclare des méthodes write qui permettent d'écrire des données octet par octet ou bien de les écrire depuis un tableau. La classe OutputStream fournit également la méthode flush pour forcer l'écriture de la zone tampon (s'il existe une zone tampon sinon un appel à cette méthode est sans effet).

Il existe plusieurs classes qui en fournissent une implémentation concrète.

La classe ByteArrayOutputStream permet d'ouvrir un flux d'écriture binaire en mémoire. Le contenu peut ensuite être récupéré sous la forme d'un tableau d'octets grâce à la méthode toByteArray.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.util.Arrays;

public class TestByteArrayOutputStream {

  public static void main(String[] args) {
    ByteArrayOutputStream stream = new ByteArrayOutputStream();

    for (byte b : "Hello the world".getBytes()) {
      stream.write(b);
    }

    byte[] byteArray = stream.toByteArray();
    System.out.println(Arrays.toString(byteArray));
  }
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
}
```

La classe FileOutputStream permet d'ouvrir un flux d'écriture binaire sur un fichier.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;

public class TestFileOutputStream {

  public static void main(String[] args) throws IOException {

    try (FileOutputStream stream = new FileOutputStream("chemin/vers/mon/
↪fichierdesortie.bin")) {
      byte[] octets = "hello the world".getBytes();
      stream.write(octets);
    }

  }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, on utilise la méthode OutputStream.write qui prend un tableau d'octets en paramètre. Cela est plus efficace que d'écrire dans le fichier octet par octet.

Prudence : Comme cela a été signalé ci-dessus pour les InputStream, les flux d'écriture qui ne correspondent pas à des zones mémoire (fichiers, sockets…) doivent impérativement être fermés lorsqu'ils ne sont plus utilisés pour libérer les ressources système associées.

23.3 Flux orientés caractères

Le package java.io contient un ensemble de classes qui permettent de manipuler des flux caractères et donc du texte. Toutes les classes qui permettent d'écrire dans un flux de caractères héritent de la classe abstraite Writer et toutes les classes qui permettent de lire un flux de caractères héritent de la classe abstraite Reader.

23.4 Reader et classes concrètes

La classe Reader est une *classe abstraite* qui permet de lire des flux de caractères. Comme InputStream, la classe Reader fournit des méthodes read mais qui acceptent

en paramètre des caractères. Il existe plusieurs classes qui en fournissent une implémentation concrète.

La classe StringReader permet de parcourir une chaîne de caractères sous la forme d'un flux de caractères.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.io.Reader;
import java.io.StringReader;

public class TestStringReader {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
    Reader reader = new StringReader("hello the world");

    int caractere;
    while ((caractere = reader.read()) != -1) {
      System.out.print((char) caractere);
    }
  }

}
```

Note : Il n'est pas nécessaire d'utiliser un StringReader pour parcourir une chaîne de caractères. Par contre, cette classe est très pratique si une partie d'un programme réalise des traitements en utilisant une instance de Reader. Le principe de substitution peut s'appliquer en passant une instance de StringReader.

La classe FileReader permet de lire le contenu d'un fichier texte.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.io.Reader;

public class TestFileReader {

  public static void main(String[] args) throws IOException {

    try (Reader reader = new FileReader("/le/chemin/du/fichier.txt")) {
      char[] buffer = new char[1024];
      int nbRead;
      while ((nbRead = reader.read(buffer)) != -1) {
        // ...
      }
    }

  }

}
```

Note : La classe FileReader ne permet pas de positionner l'encodage de caractères (*charset*) utilisé dans le fichier. Elle utilise l'encodage par défaut de la JVM qui est dépendant du système. Dans la pratique l'usage de cette classe est donc assez limité.

23.5 Writer et classes concrètes

La classe Writer est une *classe abstraite* qui permet d'écrire des flux de caractères. Comme OutputStream, la classe Writer fournit des méthodes write mais qui acceptent en paramètre des caractères. Elle fournit également des méthodes append qui réalisent la même type d'opérations et qui retournent l'instance du Writer afin de pouvoir chaîner les appels. Il existe plusieurs classes qui en fournissent une implémentation concrète.

La classe StringWriter permet d'écrire dans un flux caractères pour ensuite produire une chaîne de caractères.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.io.StringWriter;

public class TestStringWriter {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
    StringWriter writer = new StringWriter();

    writer.append("Hello")
          .append(' ')
          .append("the")
          .append(' ')
          .append("world");

    String resultat = writer.toString();

    System.out.println(resultat);
  }

}
```

La classe FileWriter permet d'écrire un flux de caractères dans un fichier.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;
import java.io.Writer;

public class TestFileWriter {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    try (Writer writer = new FileWriter("/chemin/vers/mon/fichier.txt", true)) {
      writer.append("Hello world!\n");
    }

  }

}
```

Note : Le booléen passé en second paramètre du constructeur de FileWriter permet de spécifier si le fichier doit être ouvert en ajout (*append*).

Note : La classe FileWriter ne permet pas de positionner l'encodage de caractères (*charset*) utilisé pour écrire dans le fichier. Elle utilise l'encodage par défaut de la JVM qui est dépendant du système. Dans la pratique l'usage de cette classe est donc assez limité.

23.6 Les décorateurs de flux

Le package java.io fournit un ensemble de classes qui agissent comme des décorateurs pour des instances de type InputStream, Reader, OutputStream ou Writer. Ces décorateurs permettent d'ajouter des fonctionnalités tout en présentant les mêmes méthodes. Il est donc très simple d'utiliser ces décorateurs dans du code initialement implémenté pour manipuler des instances des types décorés.

Les classes BufferedInputStream, BufferedReader, BufferedOutputStream et BufferedWriter permettent de créer un décorateur qui gère une zone tampon dont il est possible d'indiquer la taille à la construction de l'objet. Ces classes sont très utiles lorsque l'on veut lire ou écrire des données sur un disque ou sur un réseau afin de limiter les accès système et améliorer les performances.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.BufferedWriter;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;
import java.io.Writer;

public class TestFileWriter {

  public static void main(String[] args) throws IOException {

    try (Writer writer = new BufferedWriter(new FileWriter("monfichier.txt", true),␣
↪1024)) {
      writer.append("Hello world!\n");
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    }

  }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, on crée un BufferedWriter avec une zone tampon de 1 Ko.

La classe LineNumberReader permet quant à elle, de compter les lignes lors de la lecture d'un flux caractères. Elle fournit également la méthode readLine pour lire une ligne complète.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.io.LineNumberReader;
import java.io.StringReader;

public class TestStringReader {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
    StringReader stringReader = new StringReader("hello the world\nhello the world");

    LineNumberReader reader = new LineNumberReader(stringReader);

    String line;
    while ((line = reader.readLine()) != null) {
      System.out.println(line);
    }

    System.out.println("Nombre de lignes lues : " + reader.getLineNumber());
  }

}
```

Les classes InputStreamReader et OutputStreamWriter permettent de manipuler un flux binaire sous la forme d'un flux caractères. La classe InputStreamReader hérite de Reader et prend comme paramètre de constructeur une instance de InputStream. La classe OutputStreamWriter hérite de Writer et prend comme paramètre de constructeur une instance de OutputStream. Ces classes sont particulièrement utiles car elles permettent de préciser l'encodage des caractères (*charset*) qui doit être utilisé pour passer d'un flux binaire au flux caractères et vice-versa.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.FileInputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.io.Reader;

public class TestFileReader {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    String fichier = "/le/chemin/du/fichier.txt";
    try (Reader reader = new InputStreamReader(new FileInputStream(fichier), "UTF-8
↪")) {
      char[] buffer = new char[1024];
      int nbRead;
      while ((nbRead = reader.read(buffer)) != -1) {
        // ...
      }
    }

  }

}
```

Dans l'exemple ci-dessus, le fichier est ouvert grâce à un instance de FileInputStream qui est passée à une instance de InputStreamReader qui lit les caractères au format UTF-8.

Il est possible de créer très facilement des chaînes de décorateurs.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.FileInputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.io.LineNumberReader;
import java.io.Reader;

public class TestFileReader {

  public static void main(String[] args) throws IOException {

    String fichier = "/le/chemin/du/fichier.txt";
    Reader inputStreamReader = new InputStreamReader(new FileInputStream(fichier),
↪"UTF-8");
    try (LineNumberReader reader = new LineNumberReader(inputStreamReader)) {
      String ligne;
      while ((ligne = reader.readLine()) != null) {
        // ...
      }
    }

  }

}
```

Note : Dans l'exemple ci-dessus, on utilise la syntaxe try-with-resources pour appeler automatiquement la méthode close à la fin du bloc **try**. Les décorateurs de flux implémentent la méthode close de manière à appeler la méthode close de l'objet qu'il décore. Ainsi quand on crée une chaîne de flux avec des décorateurs, un appel à la méthode close du décorateur le plus englobant appelle automatiquement toutes les méthodes close de la chaîne de flux.

Les objets statiques System.in, System.out et System.err qui représentent respectivement le flux d'entrée de la console, le flux de sortie de la console et le flux de sortie d'erreur de la console sont des instances de InputStream ou de PrintStream. PrintStream est un décorateur qui offre notamment les méthodes print, println et printf.

Note : Pour manipuler les flux de la console, il est également possible de récupérer une instance de Console en appelant la méthode System.console().

23.7 La classe Scanner

La classe java.util.Scanner agit comme un décorateur pour différents types d'instance qui représentent une entrée. Elle permet de réaliser des opérations de lecture et de validation de données plus complexes que les classes du packages java.io.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.util.Scanner;

public class TestScanner {

  public static void main(String[] args) {
    Scanner scanner = new Scanner(System.in);

    System.out.print("Saisissez une chaîne de caractères : ");
    String chaine = scanner.nextLine();

    System.out.print("Saisissez un nombre : ");
    int nombre = scanner.nextInt();

    System.out.print("Saisissez les 8 caractères de votre identifiant : ");
    String identifiant = scanner.next(".{8}");

    System.out.println("Vous avez saisi :");
    System.out.println(chaine);
    System.out.println(nombre);
    System.out.println(identifiant);
  }
}
```

On peut compléter l'implémentation précédente en effectuant une validation sur les données saisies par l'utilisateur :

```
package com.cgi.formation.io;

import java.util.Scanner;

public class TestScanner {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public static void main(String[] args) {
    Scanner scanner = new Scanner(System.in);

    System.out.print("Saisissez une chaîne de caractères : ");
    String chaine = scanner.nextLine();

    Integer nombre = null;
    do {
      System.out.print("Saisissez un nombre : ");
      if (!scanner.hasNextInt()) {
        scanner.next();
        System.err.println("Ceci n'est pas un nombre valide");
        continue;
      }
      nombre = scanner.nextInt();
    } while (nombre == null);

    String identifiant = null;
    do {
      System.out.print("Saisissez les 8 caractères de votre identifiant : ");
      // On utilise une expression régulière pour vérifier le prochain token
      if (!scanner.hasNext(".{8}")) {
        scanner.next();
        System.err.println("Ceci n'est pas un identifiant valide");
        continue;
      }
      identifiant = scanner.next();
    } while (identifiant == null);

    System.out.println("Vous avez saisi :");
    System.out.println(chaine);
    System.out.println(nombre);
    System.out.println(identifiant);
  }
}
```

23.8 Fichiers et chemins

En plus des flux de type fichier, le package java.io fournit la classe File qui représente un fichier. À travers, cette classe, il est possible de savoir si le fichier existe, s'il s'agit d'un répertoire… On peut également créer le fichier ou le supprimer.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.BufferedWriter;
import java.io.File;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;

public class TestFile {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    File fichier = new File("unfichier.txt");

    if (!fichier.exists()) {
      fichier.createNewFile();
    }

    if (fichier.canWrite()) {
      try (BufferedWriter writer = new BufferedWriter(new FileWriter(fichier))) {
        writer.write("Hello world!");
      }
    }

    fichier.delete();
  }

}
```

Pour représenter un chemin d'accès à un fichier, on peut utiliser une URL avec le schéma *file* :

```
file:///home/david/monfichier.txt
```

ou bien une chaîne de caractère représentant directement le chemin. L'inconvénient de cette dernière méthode est qu'elle n'est pas portable suivant les différents systèmes de fichiers et les différents systèmes d'exploitation. En Java, on utilise l'interface Path pour représenter un chemin de fichier de manière générique. Les classes Paths et FileSystem servent à construire des instances de type Path. La classe FileSystem fournit également des méthodes pour obtenir des informations à propos du ou des systèmes de fichiers présents sur la machine. On peut accéder à une instance de FileSystem grâce à la méthode FileSystems.getDefault().

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.File;
import java.io.IOException;
import java.nio.file.FileSystems;
import java.nio.file.Path;
import java.nio.file.Paths;

public class TestPath {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
    Path cheminFichier = Paths.get("home", "david", "fichier.txt");

    System.out.println(cheminFichier); // home/david/fichier.txt
    System.out.println(cheminFichier.getNameCount()); // 3
    System.out.println(cheminFichier.getParent()); // home/david
    System.out.println(cheminFichier.getFileName()); // fichier.txt

    cheminFichier = FileSystems.getDefault().getPath("home", "david", "fichier.txt");
    File fichier = cheminFichier.toFile();

    // maintenant on peut utiliser le fichier
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  }

}
```

Pour les opérations les plus courantes sur les fichiers, la classe outil Files fournit un ensemble de méthodes statiques qui permettent de créer, de consulter, de modifier ou de supprimer des fichiers et des répertoires en utilisant un minimum d'appel.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.BufferedWriter;
import java.io.IOException;
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Path;
import java.nio.file.Paths;
import java.nio.file.StandardOpenOption;
import java.util.List;

public class TestFiles {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
    Path fichier1 = Paths.get("fichier.txt");

    // création du fichier
    fichier1 = Files.createFile(fichier1);

    System.out.println("Taille du fichier : " + Files.size(fichier1));

    try (BufferedWriter writer = Files.newBufferedWriter(fichier1, StandardOpenOption.
↪WRITE)) {
      writer.append("Hello !\n");
      writer.append("Hello !\n");
      writer.append("Hello !\n");
    }

    System.out.println("Taille du fichier : " + Files.size(fichier1));

    // Copie vers un nouveau fichier
    Path fichier2 = Paths.get("fichier2.txt");
    Files.copy(fichier1, fichier2);

    // Lecture de l'intégralité du fichier
    List<String> lignes = Files.readAllLines(fichier2);

    // Suppression des fichiers créés
    Files.deleteIfExists(fichier1);
    Files.deleteIfExists(fichier2);

    System.out.println(lignes);
  }
}
```

Note : La classe Files se révèle très pratique d'utilisation notamment pour lire l'intégralité d'un fichier. Elle ne rend pas pour autant obsolète l'utilisation de Reader

ou de OutputStream. En effet, travailler à partir d'un flux peut avoir un impact important sur l'empreinte mémoire d'une application. Si une application doit parcourir un fichier pour trouver une information précise alors, si le fichier peut être de taille importante, l'utilisation de flux sera plus optimale car l'empreinte mémoire d'un flux est généralement celle de la taille de la zone tampon allouée pour la lecture ou l'écriture.

23.9 Accès au réseau

La classe URL, comme son nom l'indique, représente une URL. Elle déclare la méthode openConnection qui retourne une instance de URLConnection. Une instance de URLConnection ouvre une connexion distante avec le serveur et permet de récupérer des informations du serveur distant. Elle permet surtout d'obtenir une instance de OutputStream si on désire envoyer des informations au serveur et une instance de InputStream si on désire récupérer les informations retournées par le serveur.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.io.LineNumberReader;
import java.io.Reader;
import java.net.URL;
import java.net.URLConnection;
import java.util.Objects;

public class HttpClient {

  public static void main(String[] args) throws IOException {
    URL url = new URL("https://www.ietf.org/rfc/rfc1738.txt");
    URLConnection connection = url.openConnection();

    String encodage = Objects.toString(connection.getContentEncoding(), "ISO-8859-1");
    Reader reader = new InputStreamReader(connection.getInputStream(), encodage);

    try (LineNumberReader linNumberReader = new LineNumberReader(reader)) {
      String line;
      while ((line = linNumberReader.readLine()) != null) {
        System.out.println(line);
      }

      System.out.println("Ce fichier contient " + linNumberReader.getLineNumber() + "␣
↪lignes.");
    }

  }

}
```

Le programme ci-dessus récupère, affiche sur la sortie standard et donne le nombre de lignes du document accessible à l'adresse https://www.ietf.org/rfc/rfc1738.txt (il s'agit du document de l'IETF qui décrit ce qu'est une URL).

L'API d'entrée/sortie de Java fournit une bonne abstraction. Généralement, une méthode qui manipule des flux fonctionnera pour des fichiers, des flux mémoire et des flux réseaux.

23.10 La sérialisation d'objets

Les classes ObjectOutputStream et ObjectInputStream permettent de réaliser la sérialisation/désérialisation d'objets : un objet (et tous les objets qu'il référence) peut être écrit dans un flux ou lu depuis un flux. Cela peut permettre de sauvegarder dans un fichier un état de l'application ou bien d'échanger des données entre deux programmes Java à travers un réseau. La sérialisation d'objets a des limites :

- Seul l'état des objets est écrit ou lu, cela signifie que les fichiers *class* ne font pas partie de la sérialisation et doivent être disponibles pour la JVM au moment de la lecture (opération de désérialisation réalisée avec la classe ObjectInputStream).
- Le format des données sérialisées est propre à Java, ce mécanisme n'est donc pas adapté pour échanger des informations avec des applications qui ne seraient pas écrites en Java.
- Les données sérialisées sont très dépendantes de la structure des classes. Si des modifications sont apportées à ces dernières, une grappe d'objets préalablement sérialisée dans un fichier ne sera sans doute plus lisible.

Pour qu'un objet puisse être sérialisé, il faut que sa classe implémente *l'interface marqueur* Serializable. Si un objet référence d'autres objets dans ses attributs alors il faut également que les classes de ces objets implémentent l'interface Serializable. Beaucoup de classes de l'API standard de Java implémentent l'interface Serializable, à commencer par la classe String.

Note : Tenter de sérialiser un objet dont la classe n'implémente pas Serializable produit une exception de type java.io.NotSerializableException.

Prenons comme exemple une classe *Personne* qui contient la liste de ses enfants (eux-mêmes de type *Personne*). Cette classe implémente l'interface Serializable :

```
package com.cgi.formation;

import java.io.Serializable;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;

public class Personne implements Serializable {

  private String prenom;
  private String nom;
  private List<Personne> enfants = new ArrayList<>();

  public Personne(String prenom, String nom) {
    this.prenom = prenom;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    this.nom = nom;
  }

  public String getNom() {
    return nom;
  }

  public String getPrenom() {
    return prenom;
  }

  public void ajouterEnfants(Personne... enfants) {
    Collections.addAll(this.enfants, enfants);
  }

  public List<Personne> getEnfants() {
    return enfants;
  }

  @Override
  public String toString() {
    return this.prenom + " " + this.nom;
  }
}
```

Le code ci-dessous sérialise les données dans le fichier *arbre_genialogique.bin*

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.io.ObjectOutputStream;
import java.io.OutputStream;
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Paths;

import com.cgi.formation.Personne;

public class TestSerialisation {

  public static void main(String[] args) throws IOException {

    Personne personne = new Personne("Donald", "Duck");
    personne.ajouterEnfants(new Personne("Riri", "Duck"),
                            new Personne("Fifi", "Duck"),
                            new Personne("Loulou", "Duck"));

    OutputStream outputStream = Files.newOutputStream(Paths.get("arbre_genialogique.
↪bin"));
    try(ObjectOutputStream objectStream = new ObjectOutputStream(outputStream);) {
      objectStream.writeObject(personne);
    }
  }
}
```

Un autre code qui a accès à la même classe *Personne* peut ensuite lire le fichier *arbre_genialogique.bin* pour retrouver les objets dans l'état attendu.

```
package com.cgi.formation.io;

import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.ObjectInputStream;
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Paths;

import com.cgi.formation.Personne;

public class TestDeserialisation {

  public static void main(String[] args) throws IOException, ClassNotFoundException {

    InputStream outputStream = Files.newInputStream(Paths.get("arbre_genialogique.bin
↪"));
    try(ObjectInputStream objectStream = new ObjectInputStream(outputStream);) {
      Personne personne = (Personne) objectStream.readObject();

      System.out.println(personne);
      for (Personne enfant : personne.getEnfants()) {
        System.out.println(enfant);
      }
    }

  }
}
```

L'exécution du programme ci-dessus affichera :

```
Donald Duck
Riri Duck
Fifi Duck
Loulou Duck
```

23.10.1 Donnée transient

Parfois une classe contient des informations que l'on ne souhaite pas sérialiser. Cela peut être dû à des limitations techniques (par exemple la classe associée n'implémente pas l'interface Serializable). Mais il peut aussi s'agir de données sensibles ou volatiles qui n'ont pas à être sérialisées. Pour que les processus de sérialisation/désérialisation ignorent ces attributs, il faut leur ajouter le mot-clé **transient**.

Pour la classe *Personne*, si on veut exclure la liste des enfants de la sérialisation/désérialisation, on peut modifier les attributs comme suit :

```
package com.cgi.formation;

import java.io.Serializable;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
public class Personne implements Serializable {

  private String prenom;
  private String nom;
  private transient List<Personne> enfants = new ArrayList<>();

  public Personne(String prenom, String nom) {
    this.prenom = prenom;
    this.nom = nom;
  }

  // ...
}
```

Si nous exécutons à nouveau les programmes de sérialisation et de désérialisation du paragraphe précédent, la sortie standard affichera alors :

```
Donald Duck
```

Car l'état de la liste des enfants ne sera plus écrit dans le fichier *arbre_genialogique.bin*.

23.10.2 Identifiant de version de sérialisation

La principale difficulté dans la mise en pratique des mécanismes de sérialisation/désérialisation provient de leur extrême dépendance au format des classes.

Si la sérialisation est utilisée pour sauvegarder dans un fichier l'état des objets entre deux exécutions, alors il n'est pas possible de modifier significativement puis de recompiler les classes sérialisables (sinon l'opération de désérialisation échouera avec une erreur InvalidClassException). Si la sérialisation est utilisée pour échanger des informations entre deux applications sur un réseau, alors le deux applications doivent disposer dans leur *classpath* des mêmes définitions de classes.

En fait les classes qui implémentent l'interface Serializable possèdent un numéro de version interne qui change à la compilation si des modifications substantielles ont été apportées (ajout ou suppression d'attributs ou de méthodes par exemple). Lorsqu'un objet est sérialisé, le numéro de version de sa classe est également sérialisé. Ainsi, lors de la désérialisation, il est facile de comparer ce numéro avec celui de la classe disponible. Si ces numéros ne correspondent pas, alors le processus de désérialisation échoue en considérant que la classe disponible n'est pas compatible avec la classe qui a été utilisée pour créer l'objet sérialisé.

Si on ne souhaite pas utiliser ce mécanisme implicite de version, il est possible de spécifier un numéro de version de sérialisation pour ses classes. À charge du développeur de changer ce numéro lorsque les modifications de la classe sont trop importantes pour ne plus garantir la compatibilité ascendante avec des versions antérieures de cette classe. Le numéro de version est une constante de classe de type **long** qui doit s'appeler *serialVersionUID*.

```
package com.cgi.formation;

import java.io.Serializable;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;

public class Personne implements Serializable {

  private static final long serialVersionUID = 1775245980933452908L;

  // ...
}
```

Note : Eclipse produit un avertissement si une classe qui implémente Serializable ne déclare pas une constante *serialVersionUID*.

Astuce : Pour contourner le problème de dépendance entre le format de sérialisation et la déclaration de la classe, il est possible d'implémenter soi-même l'écriture et la lecture des données. Pour cela, il faut déclarer deux méthodes privées dans la classe : *writeObject* et *readObject*. Ces méthodes seront appelées (même si elles sont privées) en lieu et place de l'algorithme par défaut de sérialisation/désérialisation.

```
package com.cgi.formation;

import java.io.IOException;
import java.io.ObjectInputStream;
import java.io.ObjectOutputStream;
import java.io.Serializable;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;
import java.util.List;

public class Personne implements Serializable {

  private static final long serialVersionUID = 1775245980933452908L;

  private String prenom;
  private String nom;
  private List<Personne> enfants = new ArrayList<>();

  private void writeObject(ObjectOutputStream s) throws IOException {
    // on ne sérialise que le prénom et le nom
    s.writeObject(prenom);
    s.writeObject(nom);
  }

  private void readObject(ObjectInputStream s) throws ClassNotFoundException,␣
↪IOException {
    // on lit les données dans le même ordre qu'elles ont été écrites
    this.prenom = (String) s.readObject();
    this.nom = (String) s.readObject();
```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
    this.enfants = new ArrayList<>();
  }

  // ...

}
```

CHAPITRE 24

Les dates

Les dates et le temps sont représentés en Java par des classes. Cependant, au fil des versions de l'API standard, de nouvelles classes ont été proposées pour représenter les dates et le temps. Pour des raisons de compatibilité ascendante, les anciennes classes sont demeurées même si une partie de leurs méthodes ont été dépréciées. Ainsi, il existe plusieurs façons de représenter les dates et le temps en Java.

24.1 Date : la classe historique

La classe java.util.Date est la première classe a être apparue pour représenter une date. Elle comporte de nombreuses limitations :

- Il n'est pas possible de représenter des dates antérieures à 1900
- Elle ne supporte pas les fuseaux horaires
- Elle ne supporte que les dates pour le calendrier grégorien
- Elle ne permet pas d'effectuer des opérations (ajout d'un jour, d'une année…)

La quasi totalité des constructeurs et des méthodes de cette classe ont été dépréciés. Cela signifie qu'il ne faut pas les utiliser. Pourtant, la classe Date reste une classe largement utilisée en Java. Par exemple, la classe Date est la classe mère des classes java.sql.Date, java.sql.Time et java.sql.Timestamp qui servent à représenter les types du même nom en SQL. Beaucoup de bibliothèques tierces utilisent directement ou indirectement la classe Date.

```
package com.cgi.formation;

import java.time.Instant;
import java.util.Date;

public class TestDate {

```

(suite sur la page suivante)

(suite de la page précédente)

```
  public static void main(String[] args) {
    Date aujourdhui = new Date(); // crée une date au jour et à l'heure d'aujourd'hui
    Date dateAvant = new Date(0); // crée une date au 1 janvier 1970 00:00:00.000

    System.out.println(aujourdhui.after(dateAvant)); // true
    System.out.println(dateAvant.before(aujourdhui)); // true

    System.out.println(aujourdhui.equals(dateAvant)); // false
    System.out.println(aujourdhui.compareTo(dateAvant)); // 1

    Instant instant = aujourdhui.toInstant();
  }

}
```

Actuellement, les méthodes permettant de comparer des instances de Date ne sont pas dépréciées. Pour construire une instance de Date, on peut utiliser le constructeur sans paramètre pour créer une date au jour et à l'heure d'aujourd'hui. On peut également passer un nombre de type **long** représentant le nombre de millisecondes depuis le 1er janvier 1970 à 00 :00 :00.000 (*l'epoch*). Il est également possible de modifier une instance de Date avec la méthode Date.setTime en fournissant le nombre de millisecondes depuis le 1er janvier 1970 à 00 :00 :00.000.

Astuce : Pour connaître le nombre de millisecondes écoulées depuis le 1er janvier 1970 à 00 :00 :00.000, il faut appeler la méthodes System.currentTimeMillis.

```
long nbMilliSecondes = System.currentTimeMillis();
```

Note : Depuis l'introduction en Java 8 de la nouvelle API des dates, il est possible de convertir une instance de Date en une instance de Instant avec la méthode Date.toInstant.

24.2 Calendar

Depuis Java 1.1, la classe java.util.Calendar a été proposée pour remplacer la classe java.util.Date. La classe Calendar pallie les nombreux désavantages de la classe Date :

- Il est possible de représenter toutes les dates (y compris avant notre ère)
- La classe Calendar supporte les fuseaux horaires (*timezone*)
- La classe Calendar est une classe abstraite pour laquelle il est possible de fournir des classes concrètes pour gérer différents calendriers (le JDK ne propose que la classe GregorianCalendar comme implémentation concrète pour le calendrier grégorien).

```java
package com.cgi.formation;

import java.util.Calendar;
import java.util.Locale;
import java.util.TimeZone;

public class TestCalendar {

  public static void main(String[] args) {
    // Date et heure d'aujourd'hui en utilisant le fuseau horaire du système
    Calendar date = Calendar.getInstance();
    // Date et heure d'aujourd'hui en utilisant le fuseau horaire de la France
    Calendar dateFrance = Calendar.getInstance(Locale.FRANCE);
    // Date et heure d'aujourd'hui en utilisant le fuseau horaire GMT
    Calendar dateGmt = Calendar.getInstance(TimeZone.getTimeZone("GMT"));

    // On positionne la date au 8 juin 2005 à 12:00:00
    date.set(2005, 6, 8, 12, 0, 0);

    System.out.println(date.toInstant());

    // On ajoute 24 heures à la date et on passe au jour suivant
    date.add(Calendar.HOUR, 24);
    // On décale la date de 12 mois sans passer à l'année suivante
    date.roll(Calendar.MONTH, 12);
    System.out.println(date.toInstant()); // 9 juin 2005 à 12:00:00

  }

}
```

Comme pour les instances de Date, il est possible de comparer les instances de Calendar entre elles. Il est également possible de convertir une instance de Calendar en Date (mais alors on perd l'information du fuseau horaire puisque la classe Date ne contient pas cette information) grâce à la méthode Calendar.getTime. Enfin, on utilise la méthode Calendar.toInstant pour convertir une instance de Calendar en une instance de Instant.

Même si la classe Calendar est beaucoup plus complète que la classe Date, son utilisation est restée limitée car elle est également plus difficile à manipuler. Son API la rend assez fastidieuse d'utilisation. Elle ne permet pas de représenter simplement la notion du durée. Et surtout, comme il s'agit d'une classe abstraite, il n'est pas possible construire une instance avec l'opérateur **new**. Il faut systématiquement utiliser une des méthodes de classes Calendar.getInstance.

24.3 L'API Date/Time

Depuis Java 8, une nouvelle API a été introduite pour représenter les dates, le temps et la durée. Toutes ces classes ont été regroupées dans la package java.time.

24.3.1 Les Dates

Les classes LocalDate, LocalTime et LocalDateTime permettent de représenter respectivement une date, une heure, une date et une heure.

```
package com.cgi.formation;

import java.time.LocalDate;
import java.time.LocalDateTime;
import java.time.LocalTime;
import java.time.Month;
import java.time.temporal.ChronoUnit;

public class TestTime {

  public static void main(String[] args) {
    LocalDate date = LocalDate.of(2005, Month.JUNE, 5); // 05/06/2005
    date = date.plus(1, ChronoUnit.DAYS); // 06/06/2005
    LocalDateTime dateTime = date.atTime(12, 00); // 06/06/2005 12:00:00
    LocalTime time = dateTime.toLocalTime(); // 12:00:00

    time = time.minusHours(2); // 10:00:00
  }

}
```

On peut facilement passer d'un type à une autre. Par exemple la méthode LocalDate.atTime permet d'ajouter une heure à une date, créant ainsi une instance de LocalDateTime. Toutes les instances de ces classes sont immutables.

Si on veut avoir l'information de la date ou de l'heure d'aujourd'hui, on peut créer une instance grâce à la méthode *now*.

```
LocalDate dateAujourdhui = LocalDate.now();
LocalTime heureMaintenant = LocalTime.now();
LocalDateTime dateHeureMaintenant = LocalDateTime.now();
```

Une instance de ces classes ne contient pas d'information de fuseau horaire. On peut néanmoins passer en paramètre des méthodes *now* un ZoneId pour indiquer le fuseau horaire pour lequel on désire la date et/ou l'heure actuelle.

```
LocalDate dateAujourdhui = LocalDate.now(ZoneId.of("GMT"));
LocalTime heureMaintenant = LocalTime.now(ZoneId.of("Europe/Paris"));
LocalDateTime dateHeureMaintenant = LocalDateTime.now(ZoneId.of("America/New_York"));
```

Note : Si vous avez besoin de représenter des dates avec le fuseau horaire, alors il faut utiliser la classe ZonedDateTime.

Les classe Year et YearMonth permettent de manipuler les dates et d'obtenir des informations intéressantes à partir de l'année ou du mois et de l'année.

```java
package com.cgi.formation;

import java.time.LocalDate;
import java.time.Month;
import java.time.Year;
import java.time.YearMonth;

public class TestYear {

  public static void main(String[] args) {
    Year year = Year.of(2004);

    // année bissextile ?
    boolean isLeap = year.isLeap();

    // 08/2004
    YearMonth yearMonth = year.atMonth(Month.AUGUST);

    // 31/08/2004
    LocalDate localDate = yearMonth.atEndOfMonth();
  }

}
```

24.3.2 La classe Instant

La classe Instant représente un point dans le temps. Contrairement aux classes précédentes qui permettent de représenter les dates pour les humains, la classe Instant est adaptée pour réaliser des traitements de données temporelles.

```java
package com.cgi.formation;

import java.time.Instant;

public class TestInstant {

  public static void main(String[] args) {
    Instant maintenant = Instant.now();
    Instant epoch = Instant.ofEpochSecond(0); // 01/01/1970 00:00:00.000

    Instant uneMinuteDansLeFuture = maintenant.plusSeconds(60);

    long unixTimestamp = uneMinuteDansLeFuture.getEpochSecond();
  }

}
```

Note : Les classes LocalDate, LocalTime, LocalDateTime, ZonedDateTime, Year, YearMonth, Instant implémentent toutes les interfaces Temporal et TemporalAccessor. Cela permet d'utiliser facilement des instances de ces classes les unes avec les autres puisque beaucoup de leurs méthodes attendent en paramètres des instances

de type Temporal ou TemporalAccessor.

24.3.3 Période et durée

Il est possible de définir des périodes grâce à des instances de la classe Period. Une période peut être construite directement ou à partir de la différence entre deux instances de type Temporal. Il est ensuite possible de modifier une date en ajoutant ou soustrayant une période.

```
package com.cgi.formation;

import java.time.LocalDate;
import java.time.Month;
import java.time.Period;
import java.time.Year;
import java.time.YearMonth;

public class TestPeriode {

  public static void main(String[] args) {
    YearMonth moisAnnee = Year.of(2000).atMonth(Month.APRIL); // 04/2000

    // période de 1 an et deux mois
    Period periode = Period.ofYears(1).plusMonths(2);

    YearMonth moisAnneePlusTard = moisAnnee.plus(periode); // 06/2001

    Period periode65Jours = Period.between(LocalDate.now(), LocalDate.now().
↪plusDays(65));
  }

}
```

La durée est représentée par une instance de la classe Duration. Elle peut être obtenue à partir de deux instances de Instant.

```
package com.cgi.formation;

import java.time.Duration;
import java.time.Instant;

public class TestDuree {

  public static void main(String[] args) {
    Instant debut = Instant.now();

    // ... traitement à mesurer

    Duration duree = Duration.between(debut, Instant.now());
    System.out.println(duree.toMillis());
  }

}
```

24.4 Formatage des dates

Pour formater une date pour l'affichage, il est possible d'utiliser la méthode `format` déclarée dans les classes LocalDate, LocalTime, LocalDateTime, ZonedDateTime, Year et YearMonth.

Le format de représentation d'une date et/ou du temps est défini par la classe DateTimeFormatter.

```
package com.cgi.formation;

import java.time.LocalDateTime;
import java.time.Month;
import java.time.format.DateTimeFormatter;
import java.util.Locale;

public class TestDuree {

  public static void main(String[] args) {
    // 01/09/2010 16:30
    LocalDateTime dateTime = LocalDateTime.of(2010, Month.SEPTEMBER, 1, 16, 30);

    // En utilisant des formats ISO de dates
    System.out.println(dateTime.format(DateTimeFormatter.BASIC_ISO_DATE));
    System.out.println(dateTime.format(DateTimeFormatter.ISO_WEEK_DATE));
    System.out.println(dateTime.format(DateTimeFormatter.ISO_DATE_TIME));

    DateTimeFormatter datePattern = DateTimeFormatter.ofPattern("dd/MM/yyyy");
    // 01/09/2010
    System.out.println(dateTime.format(datePattern));

    DateTimeFormatter dateTimePattern = DateTimeFormatter.ofPattern("dd/MM/yyyy HH:mm
↪");
    // 01/09/2010 16:30
    System.out.println(dateTime.format(dateTimePattern));

    // 1 septembre 2010
    DateTimeFormatter frenchDatePattern = DateTimeFormatter.ofPattern("d MMMM yyyy",␣
↪Locale.FRANCE);
    System.out.println(dateTime.format(frenchDatePattern));
  }

}
```

Note : Il est toujours possible d'utiliser la classe SimpleDateFormat pour formater une instance de la classe java.util.Date.

24.5 Lecture des dates

Pour transformer une chaîne de caractères en date (notamment pour obtenir une date à partir de la saisie d'un utilisateur ou de la lecture d'un fichier), il est possible

d'utiliser la méthode `parse` déclarée dans les classes LocalDate, LocalTime, LocalDateTime, ZonedDateTime, Year et YearMonth.

Le format d'une date et/ou du temps est défini par la classe DateTimeFormatter.

```
package com.cgi.formation;

import java.time.LocalDate;
import java.time.LocalDateTime;
import java.time.Year;
import java.time.YearMonth;
import java.time.format.DateTimeFormatter;

public class SaisieLocalDateTime {

  public static void main(String[] args) {

    String exemple = "02/06/2010 12:35";

    DateTimeFormatter dtf = DateTimeFormatter.ofPattern("dd/MM/yyyy HH:mm");

    Year year = Year.parse(exemple, dtf);
    System.out.println(year);

    YearMonth yearMonth = YearMonth.parse(exemple, dtf);
    System.out.println(yearMonth);

    LocalDate localDate = LocalDate.parse(exemple, dtf);
    System.out.println(localDate);

    LocalDateTime localDateTime = LocalDateTime.parse(exemple, dtf);
    System.out.println(localDateTime);
  }

}
```

Note : Il est toujours possible d'utiliser la classe SimpleDateFormat pour transformer une chaîne de caractères en une instance de la classe java.util.Date.