

# Génie du Logiciel et des Systèmes

---

## Introspection en Java

Xavier Crégut  
<Prénom.Nom@enseeiht.fr>

ENSEEIH  
Sciences du Numérique

## Préambule

**Exercice 1** Dessiner un diagramme de classe qui représente les principaux concepts présents dans le langage Java.

# Sommaire

1 Motivation

2 Introspection

3 Intercession

4 L'API `java.lang.reflect`

5 Exemples

6 Conclusion

# Sommaire

## 1 Motivation

## 2 Introspection

## 3 Intercession

## 4 L'API `java.lang.reflect`

## 5 Exemples

## 6 Conclusion

- JUnit 3 et sa classe `TestRunner`
- Lister les méthodes d'une classe
- Utilisations possibles
- Définitions

## Exemple de classe de test avec JUnit 3

```
1 public class StringBufferTest extends junit.framework.TestCase {
2     private StringBuffer s1;                                // acteur
3
4     protected void setUp() { // initialiser les données (acteurs)
5         s1 = new StringBuffer("Le_texte");
6     }
7
8     public void testReverse() { // un premier test
9         s1.reverse(); // action
10        assertEquals("etxet_eL", s1.toString()); // assertion
11    }
12
13    public void testDelete() { // un deuxième test
14        s1.delete(2, 7); // action
15        assertEquals("Lee", s1.toString()); // assertion
16    }
17
18    public void testDernier() {
19        assertEquals('e', s1.charAt(-1));
20    }
21
22    public void testInitiale() {
23        assertEquals('L', s1.charAt(1));
24    } }
```

## Exécution de la classe de Test

```
java junit.textui.TestRunner StringBufferTest
```

```
1  ..F.E.
2  Time: 0,004
3  There was 1 error:
4  1) testDernier(StringBufferTest)java.lang.StringIndexOutOfBoundsException: index -1,length 8
5      at java.base/java.lang.String.checkIndex(String.java:3278)
6      at java.base/java.lang.AbstractStringBuilder.charAt(AbstractStringBuilder.java:307)
7      at java.base/java.lang.StringBuffer.charAt(StringBuffer.java:242)
8      at StringBufferTest.testDernier(StringBufferTest.java:19)
9      at java.base/jdk.internal.reflect.NativeMethodAccessorImpl.invoke0(Native Method)
10     at java.base/jdk.internal.reflect.NativeMethodAccessorImpl.invoke(NativeMethodAccessorImpl.java:62)
11     at java.base/jdk.internal.reflect.DelegatingMethodAccessorImpl.invoke(DelegatingMethodAccessorImpl.java:43)
12 There was 1 failure:
13 1) testInitiale(StringBufferTest)junit.framework.AssertionFailedError: expected:<L> but was:<e>
14     at StringBufferTest.testInitiale(StringBufferTest.java:23)
15     at java.base/jdk.internal.reflect.NativeMethodAccessorImpl.invoke0(Native Method)
16     at java.base/jdk.internal.reflect.NativeMethodAccessorImpl.invoke(NativeMethodAccessorImpl.java:62)
17     at java.base/jdk.internal.reflect.DelegatingMethodAccessorImpl.invoke(DelegatingMethodAccessorImpl.java:43)
18
19 FAILURES!!!
20 Tests run: 4, Failures: 1, Errors: 1
```

**Remarque :** Les problèmes sont dans la classe de test et pas dans la classe String de Java !

# Comment fonctionne la classe TestRunner de JUnit

## Rappel du fonctionnement

Fonctionnement de la méthode principale de la classe junit.textui.TestRunner (de JUnit 3.8.1) :

- Elle prend en paramètre le nom d'une classe (StringBufferTest).
- Elle lance autant de tests (tests élémentaires) que StringBufferTest contient de méthodes qui commencent par test (testReplace, testDelete, etc.) en les comptabilisant en réussi (.), échec (F, Failure) ou erreur (E, Error).
- Elle exécute la méthode setUp() avant d'exécuter une méthode de test.
- Elle exécute la méthode tearDown() après avoir exécuté une méthode de test.
- Exemples d'utilisation :

```
junit.textui.TestRunner StringBufferTest  
junit.textui.TestRunner PointTest  
junit.textui.TestRunner PointNommeTest
```

Comment écrire la classe junit.textui.TestRunner de JUnit 3.8.1 ?

## Exemple : classe TestRunner de JUnit

### Principe de la solution

Il faut être capable de :

- **trouver et charger une classe à partir de son nom**  
par exemple, la classe StringBufferTest de nom "StringBufferTest"
- **accéder à ses méthodes** pour :
  - identifier celle qui s'appelle setUp, sans paramètre
  - identifier celle qui s'appelle tearDown, sans paramètre
  - identifier toutes les méthodes test\*, sans paramètre
- **construire un objet de cette classe** de test (StringBufferTest)
- **appeler les méthodes identifiées sur cette instance**
  - dans l'ordre, setUp, une méthode de test puis tearDown

C'est ce que permettent :

- **introspection** : obtenir à l'exécution des informations sur la structure de l'application (classes, attributs, méthodes, etc.)
- et **intercession** : agir sur l'application grâce aux informations récupérées par introspection.



## Découvrir les méthodes d'une classe

**Objectif :** Afficher les méthodes publiques des classes dont le nom est passé en argument de la ligne de commande, donc pas connues à la compilation.

```

1 public class AfficherMethodes {
2     /** Afficher les méthodes des classes dont les noms sont donnés.
3     * @param noms noms des classes */
4     public static void main(String[] noms) {
5         AfficherMethodes afficheur = new AfficherMethodes();
6         for (String nom: noms) {
7             afficheur.listerMethodes(nom);
8         }
9
10        /** Afficher la signature des méthodes de la classe nommée nomClasse.
11        * @param nomClasse le nom de la classe */
12        public void listerMethodes(String nomClasse) {
13            try {
14                Class<?> laClasse = Class.forName(nomClasse);
15                System.out.println("Méthodes_de_" + laClasse.getName() + "_.");
16                for (java.lang.reflect.Method m : laClasse.getMethods()) {
17                    System.out.println("_-" + m);
18                }
19            } catch (ClassNotFoundException e) {
20                System.out.println("!!!_Classe_inconnue_.:" + nomClasse);
21            } } }

```

**Nouveau :** La classe `Class` et ses méthodes `forName`, `getName`, `getMethods`.

## Charger une classe et afficher ses méthodes

**Utilisation :** java AfficherMethodes PointNomme

1 Méthodes de PointNomme :

```
2 - public java.lang.String PointNomme.getNom()
3 - public void PointNomme.setNom(java.lang.String)
4 - public void PointNomme.afficher()
5 - public java.lang.String Point.toString()
6 - public double Point.distance(Point)
7 - public double Point.getX()
8 - public double Point.getY()
9 - public void Point.setX(double)
10 - public void Point.setY(double)
11 - public void Point.translater(double,double)
12 - public java.awt.Color Point.getCouleur()
13 - public void Point.setCouleur(java.awt.Color)
14 - public final native void java.lang.Object.wait(long) throws java.lang.InterruptedException
15 - public final void java.lang.Object.wait(long,int) throws java.lang.InterruptedException
16 - public final void java.lang.Object.wait() throws java.lang.InterruptedException
17 - public boolean java.lang.Object.equals(java.lang.Object)
18 - public native int java.lang.Object.hashCode()
19 - public final native java.lang.Class java.lang.Object.getClass()
20 - public final native void java.lang.Object.notify()
21 - public final native void java.lang.Object.notifyAll()
```

## Quelques utilisations possibles

- **Navigateur de classes :**  
doit fonctionner avec les classes des nouvelles applications !
- **Débogueur :**  
afficher à l'utilisateur l'état du programme en fonction des éléments écrits dans le programme (classes, méthodes, etc.)
- **Environnement de développement d'interface graphique :**  
avec la possibilité d'ajouter son jeu de composants graphiques.
- **Outil de développement**, par exemple Bluej ([www.bluej.org](http://www.bluej.org)).
- Tout programme qui doit manipuler les caractéristiques spécifiques de classes qui ne sont pas encore connues au moment de son exécution (JUnit, etc.)

## Définitions

**Introspection** : Interroger dynamiquement les objets d'une application pour retrouver la structure de l'application :

- les classes,
- les attributs,
- les méthodes,
- les constructeurs
- ...

**Intercession** : Modifier l'état d'une application en s'appuyant sur les informations obtenues par introspection.

**En anglais** : *introspection* et *reflection*

## Références

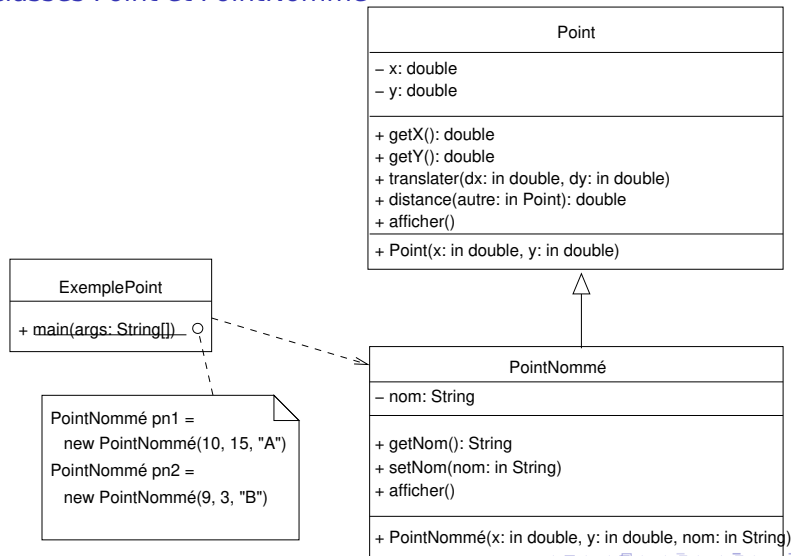
[1] C. NFP121, "Réflexivité." <http://jod.cnam.fr/NFP121/Intro/>.

[2] C. S. Horstmann and G. Cornell, *Au cœur de Java 2*, vol. 1 Notions fondamentales. Campus Press, 8 ed., 2008.

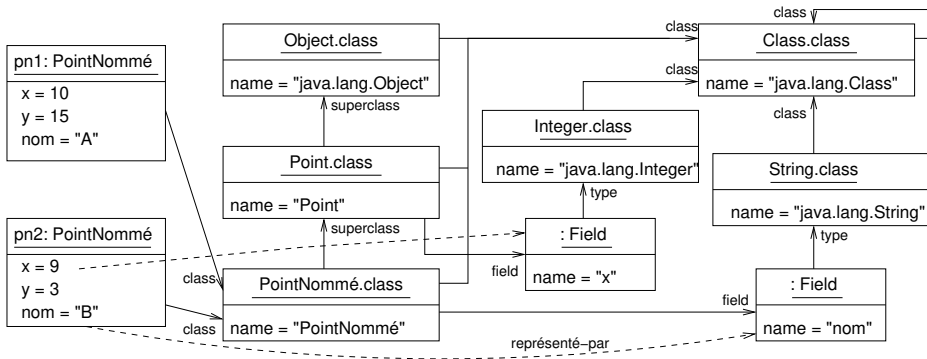
# Sommaire

- 1 Motivation
  - 2 **Introspection**
  - 3 Intercession
  - 4 L'API `java.lang.reflect`
  - 5 Exemples
  - 6 Conclusion
- Exemple d'application
  - Architecture du paquetage `java.lang.Reflect`
  - Obtenir un objet de type `Class`
  - Charger de nouvelles classes
  - Informations sur le type à l'exécution
  - Informations liées aux supertypes
  - Récupérer les autres membres de la classes
  - Accessibilité

## Les classes Point et PointNommé



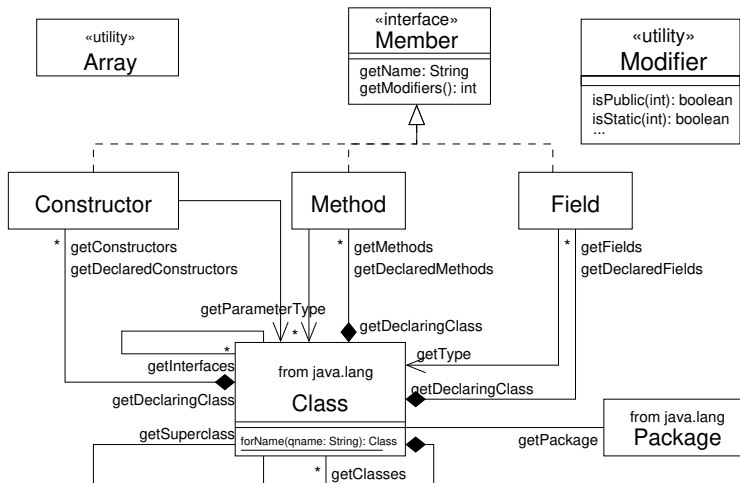
## Les objets à l'exécution



- deux objets pn1 et pn2
- avec leurs propres états
- dont la classe est PointNommé
- ayant un attribut appelé "nom"

- de type String
- ... et des méthodes (non représentées) ...
- PointNommé a pour superclasse Point
- Point a pour superclasse Object

## Diagramme de classe (simplifié) de `java.lang.Reflect`



**Remarque :** La classe `Class` est centrale !



## Obtenir un objet de type Class

```
1  /** Illustrer différents moyens d'obtenir un objet Class */
2  public class ObtenirUnObjetClass {
3      public static void main(String[] args) throws ClassNotFoundException {
4
5          // à partir d'une instance
6          Point p1 = new Point(1, 2);
7          Class<?> c1 = p1.getClass();
8          System.out.println("c1_=" + c1);
9          System.out.println("\'chaîne\'.getClass()_=" + "chaîne".getClass());
10
11         // à partir d'une classe
12         Class<PointNomme> c2 = PointNomme.class;
13         System.out.println("c2_=" + c2);
14         System.out.println("int.class_=" + int.class);
15         System.out.println("int[].class_=" + int[].class);
16         System.out.println("double[].class_=" + double[].class);
17         System.out.println("Integer.class_=" + Integer.class);
18         System.out.println("Integer[].class_=" + Integer[].class);
19         System.out.println("java.util.Iterator.class_=" + java.util.Iterator.class);
20
21         // à partir du chargeur de classe (donc pas connu à la compilation !)
22         Class<?> c3 = Class.forName("java.lang.Float");
23         System.out.println("c3_=" + c3);
24
25         // attention à donner le nom qualifié !
26         Class<?> c4 = Class.forName("Float");
27     } }
```

## Obtenir un objet de type Class

Résultat de l'exécution

```
1 c1 = class Point
2 "chaine".getClass() = class java.lang.String
3 c2 = class PointNomme
4 int.class = int
5 int[].class = class [I
6 double[].class = class [D
7 Integer.class = class java.lang.Integer
8 Integer[].class = class [Ljava.lang.Integer;
9 java.util.Iterator.class = interface java.util.Iterator
10 c3 = class java.lang.Float
11 Exception in thread "main" java.lang.ClassNotFoundException: Float
12     at java.base/jdk.internal.loader.BuiltinClassLoader.loadClass(BuiltinClassLoader.
        java:581)
13     at java.base/jdk.internal.loader.ClassLoaders$AppClassLoader.loadClass(
        ClassLoaders.java:178)
14     at java.base/java.lang.ClassLoader.loadClass(ClassLoader.java:522)
15     at java.base/java.lang.Class.forName0(Native Method)
16     at java.base/java.lang.Class.forName(Class.java:315)
17     at ObtenirUnObjetClass.main(ObtenirUnObjetClass.java:26)
```

## Synthèse

Un objet de type Class représente un type du langage Java.

Class est générique : `Class<T>` où T est le type que représente cet objet Class !

On peut obtenir un objet de type Class à partir :

- 1 d'un objet et utilisant la méthode `getClass()` définie dans `Object`

```
p1.getClass()
```

- 2 d'un type en utilisant l'attribut **class**

```
Point.class // la classe Point doit être connue à la compilation !
```

- 3 du nom du type (String) grâce à la méthode de classe `forName` de `Class`

```
Class.forName("Point") // éventuellement ClassNotFoundException !
```

**Remarque :** Le code suivant ne compile pas... car `p1` pourrait être un point nommé !

```
Point p1 = new Point(1, 2);  
Class<Point> c1 = p1.getClass(); // ERREUR  
Class<? extends Point> c1 = p1.getClass(); // OK
```

## Charger de nouvelles classes

```
static Class<?> forName(String nomQualifié) throws ClassNotFoundException  
    // charger une classe à partir de son nom (qualifié) en utilisant  
    // le chargeur courant (getClassLoader())
```

**Intérêt :** Charger dynamiquement des classes **inconnues à la compilation**.

**Remarque :** On ne peut pas connaître la valeur du paramètre de généricité donc `Class<?>`

### Exemples :

- JUnit pour charger la classe de Test
- ...
- Une application graphique qui permet à l'utilisateur de donner le nom d'une classe (par exemple Math), propose ensuite dans une liste déroulante les méthodes de classe à deux paramètres réels de cette classe, et deux champs de saisie pour les deux opérandes effectifs.

## Informations sur le type à l'exécution : `isInstance` et `cast`

```
1 public class TesterLeType {
2     public static void main(String[] args) {
3         Point p = new PointNomme(1, 2, "A");
4
5         // Classique : avec l'opérateur instanceof
6         if (p instanceof PointNomme) {
7             PointNomme pn = (PointNomme) p;
8             System.out.println("nom_=" + pn.getNom());
9         }
10
11        // en utilisant isInstance() et cast
12        if (PointNomme.class.isInstance(p)) {
13            PointNomme pn = PointNomme.class.cast(p);
14            System.out.println("nom_=" + pn.getNom());
15        }
16
17        // en utilisant getClass() (Attention : égalité stricte du type)
18        if (p.getClass() == PointNomme.class) {
19            // ...
20    } }
```

## Obtenir les supertypes : super classe et interfaces réalisées

- `getSuperclass()` : obtenir la superclasse
- `getInterfaces()` : obtenir le tableau des interfaces directement réalisées

**Exercice :** Lister les super-types directs d'une classe (sans tenir compte de la transitivité de la relation de sous-typage).

```
1 public class ListerSuperTypesDirects {
2     static void listerSuperTypes(Class c) {
3         System.out.println();
4         System.out.println(c);
5         System.out.println("_-Super_classe_-_" + c.getSuperclass());
6         System.out.println("_-Interfaces_-_");
7         for (Class<?> type : c.getInterfaces()) {
8             System.out.println("_____-_" + type);
9         }
10
11     public static void main(String[] args) {
12         listerSuperTypes(PointNomme.class);
13         listerSuperTypes(java.util.List.class);
14         listerSuperTypes(java.util.ArrayList.class);
15         listerSuperTypes(Object.class);
16         listerSuperTypes(int.class);
17     } }
```

# Obtenir les supertypes : superclasse et interfaces réalisées

## Résultat de l'exécution

```
1 class PointNomme
2   - Super classe : class Point
3   - Interfaces :
4
5 interface java.util.List
6   - Super classe : null
7   - Interfaces :
8     - interface java.util.Collection
9
10 class java.util.ArrayList
11   - Super classe : class java.util.AbstractList
12   - Interfaces :
13     - interface java.util.List
14     - interface java.util.RandomAccess
15     - interface java.lang.Cloneable
16     - interface java.io.Serializable
17
18 class java.lang.Object
19   - Super classe : null
20   - Interfaces :
21
22 int
23   - Super classe : null
24   - Interfaces :
```

# Obtenir les méthodes de la classe

## Récupérer toutes les méthodes :

- `getMethods` : toutes les méthodes **publiques** de la classe (y compris héritées)
- `getDeclaredMethods` : toutes les méthodes **déclarées** dans la classe (quelque soit le droit d'accès). Donc pas les méthodes héritées.

## Récupérer une seule méthode : `getMethod` et `getDeclaredMethod`

Il faut préciser la signature de la méthode :

- le nom de la méthode
- le type des paramètres
  - soit un tableau de `Class`
  - soit en énumérant les types (java 1.5)

Même principe pour obtenir les **constructeurs** ou les **attributs** d'une classe (Method est remplacé par `Constructor` ou `Field`).



## Exemple d'utilisation

```

1 public class GetMethodes {
2     public static void main(String[] args) throws NoSuchMethodException {
3         Point p = new PointNomme(1, 2, "A");
4         Class<?> cp = p.getClass(); // l'objet Class de p
5         // afficher toutes les méthodes déclarées dans cp
6         for (java.lang.reflect.Method m : cp.getDeclaredMethods())
7             System.out.println("_" + m);
8
9         // récupérer une méthode particulière (java >= 1.5)
10        java.lang.reflect.Method tr =
11        cp.getMethod("translator", double.class, double.class);
12        System.out.println("tr_" + tr);
13
14        // ou en construisant explicitement le tableau des paramètres
15        Class<?>[] parametres = { double.class, double.class };
16        assert tr.equals( cp.getMethod("translator", parametres) );
17
18        // et pour une méthode sans paramètre
19        java.lang.reflect.Method aff = cp.getDeclaredMethod("afficher");
20        System.out.println("aff_" + aff);
21        assert aff.equals( cp.getDeclaredMethod("afficher", new Class<?>[] {} ) );
22    } }

```

```

1 - public void PointNomme.afficher()
2 - public java.lang.String PointNomme.getNom()
3 - public void PointNomme.setNom(java.lang.String)
4 tr = public void Point.translater(double,double)
5 aff = public void PointNomme.afficher()

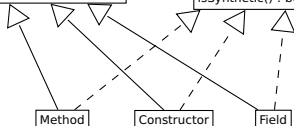
```

## AccessibleObject et Member

<code>java.lang.reflect.AccessibleObject</code>
<code>getAnnotation(Class&lt;T&gt;) : T</code> <code>getAnnotations() : Annotation [*]</code> <code>getDeclaredAnnotation() : Annotation [*]</code> <code>isAnnotationPresent(annotationClass) : boolean</code> <code>isAccessible() : boolean</code> <code>setAccessible(flag : boolean)</code>

«interface» <code>java.lang.reflect.Member</code>
<code>DECLARED : int</code> <code>PUBLIC : int</code> <code>getDeclaringClass() : Class&lt;?&gt;</code> <code>getModifiers() : int</code> <code>getName() : String</code> <code>isSynthetic() : boolean</code>

«utility» <code>java.lang.reflect.Modifier</code>
<code>PUBLIC : int</code>
<code>boolean isAbstract(int)</code> <code>boolean isInterface(int)</code> <code>boolean isProtected(int)</code> <code>boolean isFinal(int)</code> <code>boolean isPublic(int)</code> <code>boolean isPrivate(int)</code> ...



- `getModifiers()` :
  - retrouver les modifieurs d'un membre (droit d'accès, **final**, **static**)
  - Voir `java.lang.reflect.Modifier`.
- `setAccessible()` :
  - rendre des membres privés accessibles (par introspection !)
  - Utilisé par exemple pour la sérialisation

# Sommaire

1 Motivation

2 Introspection

3 Intercersion

4 L'API `java.lang.reflect`

5 Exemples

6 Conclusion

- Principe
- Exemple

# Principe

**Définition :** L'intercession est le fait d'exploiter les informations récupérées par introspection pour agir sur l'état du programme.

## Opérations possibles :

- Créer un objet : **newInstance** (à partir d'un constructeur, Constructor)
- Manipuler un attribut (Field) : le modifier (**set**) et accéder à sa valeur (**get**)
- Appeler une méthode (Method) : **invoke**

**Remarque :** Jusqu'à Java8, il était possible de créer un objet à partir d'une classe mais la méthode `newInstance` de `Class` est marquée obsolète depuis Java9.

## Exemple d'intercession

```

1  import java.lang.reflect.*;
2
3  class A {
4      int n;
5      public void ajouter(int increment) {
6          n = n + increment;
7      } }
8
9  public class ExempleIntercession {
10     public static void main(String... args) throws NoSuchMethodException, NoSuchFieldException,
11         IllegalAccessException, InstantiationException, InvocationTargetException
12     {
13         //---- classique -----
14         // créer un objet -----
15         A a1 = new A();
16         // modifier un attribut --
17         a1.n = 5;
18         // appeler un méthode ----
19         a1.ajouter(2);
20         // accéder à un attribut -
21         int v1 = a1.n;
22
23         System.out.println(v1);
24     } }
25
26     ----- par introspection/intercession -----
27     Class<A> laClasse = A.class;
28     Constructor<A> cnstrDefaut = laClasse.getDeclaredConstructor();
29     A a2 = cnstrDefaut.newInstance();
30     Field fieldN = laClasse.getDeclaredField("n");
31     fieldN.setInt(a2, 5);
32     Method mInc = laClasse.getMethod("ajouter", int.class);
33     mInc.invoke(a2, 2);
34     int v2 = fieldN.getInt(a2);
35
36     System.out.println(v2);

```

# Sommaire

1 Motivation

2 Introspection

3 Intercession

4 L'API `java.lang.reflect`

5 Exemples

6 Conclusion

- La classe `java.lang.reflect.Method`
- La classe `java.lang.reflect.Constructor`
- La classe `java.lang.reflect.Field`
- La classe `java.lang.Class`
- La classe `java.lang.reflect.Array`

## La classe `java.lang.reflect.Method`

```
1  Class<?> getDeclaringClass()      // la classe déclarant la méthode
2
3  // signature de la méthode
4  String getName()                  // le nom de la méthode
5  Class<?>[] getParameterTypes()    // les types des paramètres
6  Class<?> getReturnType()          // le type de retour
7  Class<?>[] getExceptionTypes()    // les exceptions propagées
8  boolean isVarArgs()                // à nombre variable d'argument ?
9  int getModifiers()                // Modifieurs : droit d'accès, final, abstraite...
10
11 boolean isSynthetic()              // engendrée par le compilateur ?
12 boolean isBridge()                 // lié à la généricité
13
14 Object invoke(Object recepueur, Object[] paramètres)
15     throws IllegalAccessException, IllegalArgumentException,
16             InvocationTargetException
17
18 // d'autres liées à la généricité, à la sécurité...
```

## La classe java.lang.reflect.Constructor<T>

```
1 Class<T> getDeclaringClass()    // la classe déclarant le constructeur
2
3 // signature du constructeur
4 Class<?>[] getParameterTypes() // les types des paramètres
5 Class<?>[] getExceptionTypes() // les exceptions propagées
6 boolean isVarArgs()             // à nombre variable d'argument ?
7 int getModifiers()              // Modifiers : droit d'accès, final, abstraite...
8
9 boolean isSynthetic()           // engendré par le compilateur ?
10 boolean isBridge()              // lié à la généricité
11
12 Object newInstance(Object...) throws InstantiationException,
13     IllegalAccessException, IllegalArgumentException, InvocationTargetException
14
15 // d'autres liées à la généricité, à la sécurité...
```



## La classe `java.lang.reflect.Field`

```
1  int getModifiers()           // Modifieurs : droit d'accès, final...
2  String getName()             // le nom de l'attribut
3  Class<?> getType()           // le type de l'attribut
4  boolean isEnumConstant()     // constante d'un type énuméré ?
5  Class<?> getDeclaringClass() // la classe déclarant l'attribut
6  boolean isSynthetic()        // engendré par le compilateur ?
7
8  // obtenir la valeur d'un attribut
9  Object get(Object récepteur) throws IllegalArgumentException,IllegalAccessException
10 ttt getTtt(Object récepteur)
11     throws IllegalArgumentException,IllegalAccessException
12     // avec ttt = boolean, byte, short, char, int, long, float, double
13
14 // changer la valeur d'un attribut
15 public void set(Object récepteur, Object valeur)
16     throws IllegalArgumentException,IllegalAccessException
17 public void setTtt(Object récepteur, ttt valeur)
18     throws IllegalArgumentException,IllegalAccessException
```

## La classe `java.lang.Class`

**Principe :** Pour chaque classe chargée par le chargeur de classe (`ClassLoader`), il existe un objet de type `Class` qui en décrit les propriétés.

- Cette classe est générique : `Class<T>`
  - `T` est le type représenté par cette objet `Class`.

```
1 // identification de la classe
2 String getName()                // nom de la classe (qualifié)
3 String getSimpleName()          // nom tel qu'il apparaît dans le source
4 String getCanonicalName()       // nom canonique d'après JLS
5
6 int getModifiers()              // Modifieurs : droit d'accès, final, abstraite...
7
8 // Quelle est la nature de la classe ?
9 boolean isArray()               // un tableau ?
10 boolean isEnum()                // un type énuméré ?
11 boolean isPrimitive()           // un type primitif ?
12 boolean isInterface()           // une interface ?
13 boolean isMemberClass()         // une classe membre (interne non statique)
14 boolean isLocalClass()          // une classe locale (interne statique)
15 boolean isSynthetic()           // engendrée par le compilateur ?
```

## La classe `java.lang.Class` (2)

```
16 // Chargement d'une classe
17 ClassLoader getClassLoader() // chargeur de cette classe
18 static Class<?> forName(String) throws ClassNotFoundException
19 // charger une classe à partir de son nom (qualifié) en utilisant
20 // le chargeur courant (getClassLoader())
21
22 // contexte de la classe
23 Package getPackage() // dans un paquetage
24 Class<?> getEnclosingClass() // classe interne
25 Constructor getEnclosingConstructor() // classe locale ou anonyme
26 Method getEnclosingMethod() // classe locale ou anonyme
27 Class<?> getDeclaringClass() // classe dont this est membre
28
29 // Accès au contenu
30 Class<?>[] getClasses() // toutes les classes ou interfaces publiques internes
31 Class<?>[] getDeclaredClasses() throws SecurityException
32 // les classes ou interfaces déclarées dans cette classe
33 Object[] getEnumConstants() // les constantes d'un type énuméré (isEnum)
34 Class<?> getComponentType() // type des éléments du tableau (isArray)
```

## La classe `java.lang.Class` (3)

```
35 // Accès aux attributs
36 Field getField(String) throws NoSuchFieldException, SecurityException
37 Field[] getFields() throws SecurityException
38 Field getDeclaredField(String) throws NoSuchFieldException, SecurityException
39 Field[] getDeclaredFields() throws SecurityException
40
41 // Accès aux méthodes
42 Method[] getMethods() throws SecurityException
43 Method getMethod(String, Class<?>...) throws NoSuchMethodException, SecurityException
44 Method getDeclaredMethod(String, Class<?>...) throws NoSuchMethodException, SecurityException
45 Method[] getDeclaredMethods() throws SecurityException
46
47 // Accès aux constructeurs
48 Constructor getConstructor(Class<?>...) throws NoSuchMethodException, SecurityException
49 Constructor[] getConstructors() throws SecurityException
50 Constructor getDeclaredConstructor(Class<?>...) throws NoSuchMethodException, SecurityException
51 Constructor[] getDeclaredConstructors() throws SecurityException
```

## La classe `java.lang.Class` (4)

```
52 // Sous-typage
53 Class<?>[] getInterfaces()           // les interfaces que cette classe réalise
54 Class<?> getSuperclass()             // superclasse ou null si Object interface primitif ou void
55 boolean isInstance(Object)           // équivalent de instanceof
56 T cast(Object) // transtype l'objet en utilisant le type this
57 boolean isAssignableFrom(Class<?>) // un objet de type this peut-il être initialisé
58                                     // avec un objet dont le type est le paramètre ?
59
60 // Créer une nouvelle instance de cette classe (obsolète depuis Java9)
61 Object newInstance() throws InstantiationException, IllegalAccessException
62
63 // Récupérer les informations de généricité
64 Type[] getGenericInterfaces()
65 Type getGenericSuperclass()
66 <U> Class<? extends U> asSubclass(Class<U>) // transtype this avec le type en paramètre
67 TypeVariable[] getTypeParameters()
68
69 // lié aux annotations
70 ...
```

## La classe `java.lang.reflect.Array`

**But :** Manipuler ou créer un tableau par introspection.

```
1  static int getLength(Object tab)           // équivalent de tab.length
2
3  static Object get(Object tab, int i);      // l'objet à l'indice i du tableau tab : tab[i]
4  static Ttt getTtt(Object tab, int i);      // idem avec types de base : Ttt = int, etc.
5
6  static void set(Object tab, int i, Object v); // Réalise : tab[i] = v
7  static void setTtt(Object tab, int i, Ttt v); // idem avec types de base : Ttt = int, etc.
8
9  static Object newInstance(Class<?> t,int c);
10                      // Crée un tableau d'éléments du type t de capacité c
11                      // Exemple : Array.newInstance(int.class, 10) ~= new int [10]
12
13 static Object newInstance(Class<?> t,int... c);
14                      // Crée un tableau d'éléments du type t
15                      // à c.length dimensions de capacités données par c
16                      // Exemple : Array.newInstance(int.class, 10, 20) ~= new int [10][20]
```

**Remarque :** Pour avoir le type des éléments d'un tableau `tab` :

`tab.getClass().getComponentType()`

# Sommaire

1 Motivation

2 Introspection

3 Intercession

4 L'API `java.lang.reflect`

5 Exemples

6 Conclusion

- Créer un objet
- Incrémenter une propriété `JavaBean` de type `int`
- Tester des méthodes privées
- Structure de données avec contrôle de type
- Agrandir un tableau

## Créer un objet : `Class.newInstance`

```

1 public class IntrospectionCreationNewInstance {
2     public static void main(String[] args)
3         throws InstantiationException, IllegalAccessException {
4         // avec Class.newInstance (via le constructeur par défaut)
5         Class<java.util.Date> cDate1 = java.util.Date.class;
6         java.util.Date d1 = cDate1.newInstance(); // d1 du bon type !
7         System.out.println("d1_=" + d1);
8
9         Class<?> cDate2 = java.util.Date.class;
10        Object d2 = cDate2.newInstance(); // Attention : perte du type !
11        System.out.println("d2_=" + d2);
12
13        // Erreur si pas de constructeur sans paramètre
14        try {
15            Object p1 = Point.class.newInstance();
16        } catch (InstantiationException e) {
17            System.out.println("Erreur_:" + e);
18        } } }

```

```

1 d1 = Fri Jul 19 00:05:55 CEST 2024
2 d2 = Fri Jul 19 00:05:55 CEST 2024
3 Erreur : java.lang.InstantiationException: Point

```

Depuis Java9, `Class.newInstance` est obsolète !



## Créer un objet : Constructor.newInstance

```

1  public class IntrospectionCreationConstructor {
2      public static void main(String[] args) {
3          // Utiliser un constructeur de la classe
4          try {
5              java.lang.reflect.Constructor c = // en fait Constructor<?>
6                  Point.class.getConstructor(double.class, double.class);
7              Object p2 = c.newInstance(1, 2);
8              System.out.println("p2_=" + p2);
9
10             // Avec le bon type ? Pourquoi ça marche ?
11             Point p3 = Point.class.getConstructor(double.class, double.class)
12                 .newInstance(4, 7);
13             System.out.println("p3_=" + p3);
14         } catch (java.lang.NoSuchMethodException e) {
15             System.out.println("Constructeur_non_trouvé_:" + e);
16         } catch (java.lang.IllegalAccessException e) {
17             System.out.println("Droits_d'accès_insuffisants_:" + e);
18         } catch (java.lang.InstantiationException e) {
19             System.out.println("Erreur_sur_création_d'instance_:" + e);
20         } catch (java.lang.reflect.InvocationTargetException e) {
21             System.out.println("Erreur_pendant_exécution_du_constructeur_:" + e);
22
23             p2 = (1.0, 2.0)
24             p3 = (4.0, 7.0)

```

## Incrémenter une propriété JavaBean de type int

```
1  static public void incrementerPropriete(Object objet, String nom)
2      throws IllegalAccessException, NoSuchMethodException,
3          java.lang.reflect.InvocationTargetException
4  {
5      String nomProp = Character.toUpperCase(nom.charAt(0))
6          + nom.substring(1);
7      Class<?> classe = objet.getClass();
8
9      // Récupérer la valeur
10     Method accesseur = classe.getMethod("get" + nomProp);
11     Object valeur = accesseur.invoke(objet);
12
13     // Incrémenter la valeur
14     int nlleValeur = ((Integer) valeur) + 1;
15
16     // Affecter la nouvelle valeur
17     Method modifieur = classe.getMethod("set" + nomProp, int.class);
18     modifieur.invoke(objet, nlleValeur);
19 }
```

## Comment tester des méthodes privées ?

**Question** Comment tester la méthode privée `max2` de la classe suivante ?

```
1 public class Max {  
2     static private int max2(int a, int b) {  
3         return a > b ? a : b;  
4     }  
5  
6     static public int max(int... a) {  
7         if (a.length == 0) {  
8             throw new IllegalArgumentException("empty_array");  
9         }  
10        int max = a[0];  
11        for (int i = 1; i < a.length; i++) {  
12            max = max2(max, a[i]);  
13        }  
14        return max;  
15    } }
```

## Une classe de test...

```
1 import org.junit.*;
2 import static org.junit.Assert.*;
3
4 public class MaxSimpleTest {
5
6     @Test public void testerMax2() {
7         assertEquals(5, Max.max2(3, 5));
8         assertEquals(9, Max.max2(9, 2));
9         assertEquals(4, Max.max2(4, 4));
10        assertEquals(7, Max.max2(7, -2));
11    }
12
13    @Test public void testerMax() {
14        assertEquals(5, Max.max(new int[] {5, 3, 1}));
15        assertEquals(5, Max.max(5, 3, 1)); // idem ci-dessus (1.5)
16        assertEquals(1, Max.max(1));
17        assertEquals(5, Max.max(-4, 0, 5, -5));
18    } }
```

## ...qui ne fonctionne pas

```
1 MaxSimpleTest.java:7: error: max2(int,int) has private access in Max
2     assertEquals(5, Max.max2(3, 5));
3         ^
4 MaxSimpleTest.java:8: error: max2(int,int) has private access in Max
5     assertEquals(9, Max.max2(9, 2));
6         ^
7 MaxSimpleTest.java:9: error: max2(int,int) has private access in Max
8     assertEquals(4, Max.max2(4, 4));
9         ^
10 MaxSimpleTest.java:10: error: max2(int,int) has private access in Max
11     assertEquals(7, Max.max2(7, -2));
12         ^
13 4 errors
```

## La réflexivité à la rescousse !

```

1 import org.junit.*;
2 import static org.junit.Assert.*;
3
4 public class MaxTest {
5
6     static private java.lang.reflect.Method mMax2;
7
8     @BeforeClass static public void setUp() throws NoSuchMethodException {
9         mMax2 = Max.class.getDeclaredMethod("max2", int.class, int.class);
10        mMax2.setAccessible(true);
11    }
12
13    @Test public void testerMax2() throws IllegalAccessException, java.lang.
        reflect.InvocationTargetException {
14        assertEquals(5, mMax2.invoke(null, 3, 5));
15        assertEquals(9, mMax2.invoke(null, 9, 2));
16        assertEquals(4, mMax2.invoke(null, 4, 4));
17        assertEquals(7, mMax2.invoke(null, 7, -2));
18    }
19
20    @Test public void testerMax() {
21        assertEquals(5, Max.max(new int[] {5, 3, 1}));
22        assertEquals(5, Max.max(5, 3, 1)); // idem ci-dessus (1.5)
23        assertEquals(1, Max.max(1));
24        assertEquals(5, Max.max(-4, 0, 5, -5));
25    } }

```

### Résultats :

```

1 JUnit version 4.12
2 ..
3 Time: 0,004
4
5 OK (2 tests)

```

## Définir une pile avec contrôle de type

Sans utiliser la généricité

- **Contexte** : Java 1.4 (pas de généricité) et structures d'objets.

```
/** Une pile de capacité fixe générale :  
 * polymorphisme de sous-typage */  
public class PileFixeObject {  
  
    private Object[] éléments;  
    private int nb;  
  
    public PileFixeObject(int capacité) {  
        éléments = new Object[capacité];  
        nb = 0;  
    }  
  
    public boolean estVide() {  
        return nb == 0;  
    }  
  
    public Object getSommet() {  
        return éléments[nb-1];  
    }  
  
    public void empiler(Object elt) {  
        éléments[nb++] = elt;  
    }  
  
    public void dépiler() {  
        nb--;  
        éléments[nb] = null;  
    }  
}
```

- **Objectif** : Ajouter un contrôle de type sur empiler .

## Problèmes posés par PileFixeObject

- Quand l'erreur est détectée?
- Toutes les erreurs sont-elles détectées?

```

1 public class ExemplePileFixeObject {
2     public static void main(String[] args) {
3         PileFixeObject pile = new PileFixeObject(10);
4         // une pile de points !
5         pile.empiler(new Point(1, 1));
6         System.out.println("sommet:_:" + pile.getSommet());
7         pile.empiler(new PointNomme("B", 2, 2));
8         System.out.println("sommet:_:" + pile.getSommet());
9         pile.empiler(new Integer(5));
10        System.out.println("sommet:_:" + pile.getSommet());
11
12        Point s = (Point) pile.getSommet();
13    } }

```

```

1 sommet : (1.0, 1.0)
2 sommet : B:(2.0, 2.0)
3 sommet : 5

```

```

4 Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException: class java.lang.Integer cannot be cast to class
  Point (java.lang.Integer is in module java.base of loader 'bootstrap'; Point is in unnamed module
  of loader 'app')
5     at ExemplePileFixeObject.main(ExemplePileFixeObject.java:12)

```



## Pile vérifiée

Fournir le type des éléments et vérifier l'élément empilé

```
1 public class PileFixeVerifiee {
2     private PileFixeObject pileInterne;
3     private Class type; // le type des éléments de la Pile
4
5     public PileFixeVerifiee(Class type, int taille) {
6         this.type = type;
7         this.pileInterne = new PileFixeObject(taille);
8     }
9     private void verifierType(Object e) {
10         if (!this.type.isInstance(e))
11             throw new ClassCastException("Element_of_wrong_type."
12                 + "\nExpected:_" + this.type.getName()
13                 + "\nFound:_" + e.getClass().getName());
14     }
15     public boolean estVide()    { return pileInterne.estVide(); }
16     public Object getSommet()  { return pileInterne.getSommet(); }
17     public void empiler(Object elt) {
18         verifierType(elt);
19         pileInterne.empiler(elt);
20     }
21     public void dépiler()      { pileInterne.dépiler(); }
22 }
```

## Pile vérifiée

### Exemple d'utilisation

```
1 public class ExemplePileFixeVerifiee {
2     public static void main(String[] args) {
3         PileFixeVerifiee pile = new PileFixeVerifiee(Point.class, 10);
4         // une pile de points !
5         pile.empiler(new Point(1, 1));
6         System.out.println("sommet:_:" + pile.getSommet());
7         pile.empiler(new PointNomme("B", 2, 2));
8         System.out.println("sommet:_:" + pile.getSommet());
9         pile.empiler(new Integer(5));
10        System.out.println("sommet:_:" + pile.getSommet());
11
12        Point s = (Point) pile.getSommet();
13    } }
```

### Résultats :

```
1 sommet : (1.0, 1.0)
2 sommet : B:(2.0, 2.0)
3 Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException: Element of wrong type.
4 Expected: Point
5 Found: java.lang.Integer
6     at PileFixeVerifiee.verifierType(PileFixeVerifiee.java:13)
7     at PileFixeVerifiee.empiler(PileFixeVerifiee.java:18)
8     at ExemplePileFixeVerifiee.main(ExemplePileFixeVerifiee.java:9)
```

## Est-ce encore utile depuis la généricité ?

- Est-ce que cette technique est toujours utile depuis Java 1.5 et la généricité ?
- **Ou** : Est-ce que la généricité permet de détecter toutes les erreurs ?

```

1 import java.util.*;
2 public class ExempleListGenericite {
3     public static void main(String[] args) {
4         List<String> ls = new ArrayList<String>(); // Une liste de String (pléonasme !)
5         ls.add("ok_?"); // ajouter String : ok
6         System.out.println("ls_=" + ls);
7         List l = ls; // perte de l'information de type
8         l.add(new Date()); // ajouter Date : Erreur !
9         System.out.println("ls_=" + ls);
10
11         for (int i = 0; i < ls.size(); i++) { // Afficher la liste
12             System.out.println(i + " --> " + ls.get(i));
13         } } }

1 ls = [ok ?]
2 ls = [ok ?, Fri Jul 19 00:05:44 CEST 2024]
3 0 --> ok ?
4 Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException: class java.util.Date cannot be cast to class
   java.lang.String (java.util.Date and java.lang.String are in module java.base of loader 'bootstrap')
5     at ExempleListGenericite.main(ExempleListGenericite.java:12)

```

## Oui, la preuve : Collections fournit des adaptateurs

```

1 import java.util.*;
2 public class ExempleCheckedListGenericite {
3     public static void main(String[] args) {
4         List<String> ls = Collections.checkedList(new ArrayList<String>(), String.class);
5         ls.add("ok_?");    // ajouter String : ok
6         System.out.println("ls=_ " + ls);
7         List l = ls;    // perte de l'information de type
8         l.add(new Date()); // ajouter Date : Erreur !
9         System.out.println("ls=_ " + ls);
10
11         for (int i = 0; i < ls.size(); i++) { // Afficher la liste
12             System.out.println(i + "_-->" + ls.get(i));
13     } } }

```

```

1 ls = [ok ?]
2 Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException: Attempt to insert class java.util.Date element
   into collection with element type class java.lang.String
   at java.base/java.util.Collections$CheckedCollection.typeCheck(Collections.java:3049)
   at java.base/java.util.Collections$CheckedCollection.add(Collections.java:3097)
   at ExempleCheckedListGenericite.main(ExempleCheckedListGenericite.java:8)

```

# Écrire une méthode pour agrandir un tableau

La mauvaise façon

```
1 public class TableauAgrandirFaux { // Voir [2]
2     /** Obtenir un tableau plus grand, contenant les éléments de tab. */
3     public static Object[] agrandir(Object[] tab, int increment) {
4         assert tab != null;
5         assert increment > 0;
6         Object[] nouveau = new Object[tab.length + increment];
7         System.arraycopy(tab, 0, nouveau, 0, tab.length);
8         return nouveau;
9     }
10    public static void main(String[] args) {
11        Integer[] t1 = { 1, 2, 3, 4 };
12        Integer[] t2 = (Integer[]) agrandir(t1, 2);
13        System.out.println("t2.length=" + t2.length);
14        System.out.println("t2[3]=" + t2[3]);
15        System.out.println("t2[4]=" + t2[4]);
16    } }
```

## Exécution :

```
Exception in thread "main" java.lang.ClassCastException: class [Ljava.lang.Object;
cannot be cast to class [Ljava.lang.Integer; ([Ljava.lang.Object; and [Ljava.lang.
Integer; are in module java.base of loader 'bootstrap')
at TableauAgrandirFaux.main(TableauAgrandirFaux.java:12)
```

# Écrire une méthode pour agrandir un tableau

La bonne façon

```
1 import java.lang.reflect.Array;
2 public class TableauAgrandirBon {    // Voir [2]
3     /** Obtenir un tableau plus grand, contenant les éléments de tab. */
4     public static Object agrandir(Object[] tab, int increment) {
5         assert tab != null;
6         assert increment > 0;
7         Class type = tab.getClass().getComponentType();
8         Object nouveau = Array.newInstance(type, tab.length + increment);
9         System.arraycopy(tab, 0, nouveau, 0, tab.length);
10        return nouveau;
11    }
12    public static void main(String[] args) {
13        Integer[] t1 = { 1, 2, 3, 4 };
14        Integer[] t2 = (Integer[]) agrandir(t1, 2);
15        System.out.println("t2.length=" + t2.length);
16        System.out.println("t2[3]=" + t2[3]);
17        System.out.println("t2[4]=" + t2[4]);
18    } }
```

Exécution :

t2.length = 6

t2[3] = 4

t2[4] = null

# Sommaire

- 1 Motivation
- 2 Introspection
- 3 Intercession
- 4 L'API `java.lang.reflect`
- 5 Exemples
- 6 Conclusion**

# Conclusion

- Introspection et intercession sont des techniques utiles pour écrire des applications :
  - évolutives dynamiquement (prendre en compte de nouvelles classes non connues au moment de l'écriture d'une application) ;
  - adaptables dynamiquement (modifier l'application en fonction d'information découverte à l'exécution)
- Code plus lourd à écrire (lié à l'introspection)
- Perte de toutes les aides qu'un compilateur apporte :
  - existence d'un attribut, d'une méthode ou d'un constructeur
  - vérification des types (seulement à l'exécution !)
  - ...
- Attention, forte pénalité en terme temps d'exécution.