Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

Introspection et réflexivité

Principes et application à Java

Philippe Collet

D'après un cours de Michel Buffa

Master 1 IFI

2012-2013

http://deptinfo.unice.fr/twiki/bin/view/Minfo/GenieLog1213

Plan

- RTTI en Java
- Réflexivité : définitions
- Analyser une classe
- Analyser un objet
- Exemple
- Manipuler une méthode
- Annotation

  - Par défaut, les exemples sont basés sur Java 2 / JDK 1.4.x
  - Zoom sur les extensions amenées depuis Java 5 et 6

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

La classe Class

RTTI en java

Run-Time Type Identification

- Java maintient ce qu'on appelle l'Identification de Type au Run-Time (RTTI) sur tous les objets
- Permet de connaître la classe *réelle* d'un objet
- Permet d'implémenter la liaison dynamique (quelle méthode est réellement appelée) :

```
ObjetGraphique o = new Cercle();
o.draw(); // de Cercle ou de ObjetGraphique ?
```

La classe Class et le RTTI

- Une classe permet d'accéder au RTTI, la classe Class

```
Personne p = new Personne("Maurice");
Personne p1 = new Professeur("Yoda")
Class cl = p.getClass();
System.out.println(cl.getName() +  " " +
  p.getNom());
```

affiche

"Personne Maurice"

"Professeur Yoda" **avec p1…**

Le suffixe .class

- On peut aussi obtenir un objet de type Class :

```
Class cl1 = Professeur.class;
Class cl2 = int.class;
Class cl3 = double.class;
…
```

- Utile pour tester le type avec des types prédéfinies
- Un objet de type Class décrit un TYPE, pas forcément une CLASSE !

Nom = Class ?

- On peut obtenir une classe à partir de son nom (~ langages fonctionnels)

```
String nomClasse =
  "com.wars.star.Professeur";
Class cl = Class.forName(nomClasse);
```

- **`nomClasse`** peut être le nom d'une interface ou d'une classe
- Utile pour charger des classes dont on ne connaît pas le nom à l'avance

Créer des instances sans new

- Utilisation de la méthode newInstance() de la classe **`Class`**

```
String nomClasse = "Professeur";
Class cl = Class.forName(nomClasse);
Object o = cl.newInstance();
```

- Note : il existe newInstance(Object [] params) de la classe Constructor (java.lang.reflect)

Méthodes de la classe Class (Java 2)

```
String getName();
Class getSuperClass();
Class [] getInterfaces();
boolean isInterface();
String toString();
static Class forName(String name);
Object newInstance();
```

Méthodes de la classe **Class<T>** (Java 5)

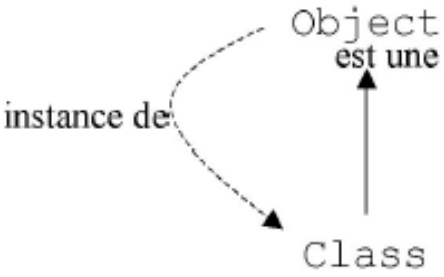
```
String getName();
TypeVariable<Class<T>>[] getTypeParameters();
Class<? super T> getSuperClass();
Class [] getInterfaces();
boolean isInterface();
String toString();
static Class<?> forName(String name);
T newInstance();
Constructor<T> getConstructor( Class...
  parameterTypes);
```

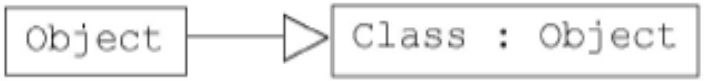
La réflexivité

Définition

- On appelle « réflexif » un système capable de se représenter lui-même
  - Pour les langages informatiques, la réflexivité s'exprime comme la capacité pour un langage à décrire les aspects considérés comme implicite dans le langage
  - Dans le cas d'un langage objet:
    - Accès à la classe d'un objet: les classes comme des objets
    - Instanciation de classes dont le nom est connu seulement à l'exécution
    - Accès aux attributs et aux méthodes des objets
    - Invocation de méthode (envoi de message) dont le nom n'est connu qu'à l'exécution

Schéma objet méta-circulaire





- Les classes sont des instances de Class et donc des objets
  - possèdent des attributs : les attributs des instances, leurs méthodes…
  - possèdent des méthodes (on peut donc leur envoyer des messages)
  - créer des instances
  - connaître la valeur de ses attributs
  - appeler des méthodes
- La classe Object est une classe et donc une instance de Class, elle peut donc
  - être manipulée de la même manière[2]

Réflexivité, introspection, méta-programmation ?

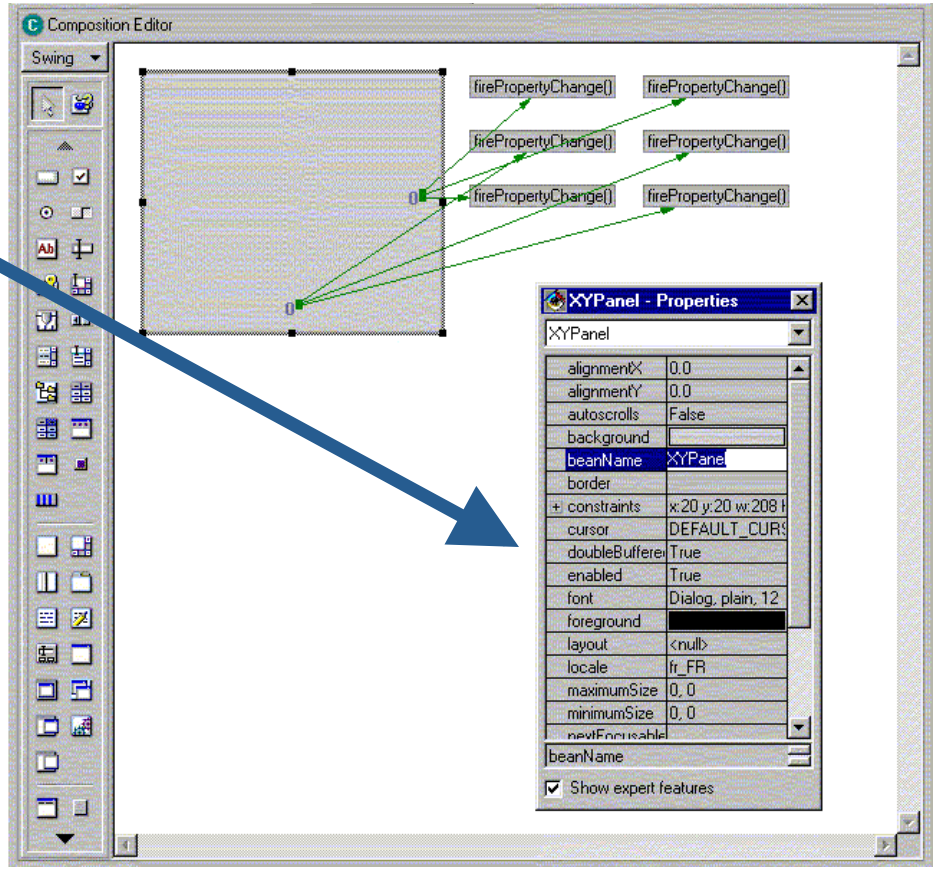
- Introspection
  - connaître/inspecter les classes, les objets, les méthodes à l'exécution
  - Le faire dans le même langage = introspection réflexive
- Meta-programmation
  - capacité de modifier les mécanismes du langage à l'aide d'un programme META
- Meta + réflex = inspecter et modifier le comportement
- Java = introspection réflexive, pas de protocole de méta-programmation

Comment faire en Java ?

- Classe **`Class`** minimale en Java 1.0
- Amélioration dès la version 1.1 à cause des Java Beans et des Objets Distribués (RMI…)
  - Outils (RAD en particulier : JBuilder, Visual Café, …) ont besoin d'interroger à l'exécution des nouvelles classes (beans)
  - Des classes se déplacent dans les architectures distribuées
- Le package qui fournit ces possibilités est **`java.lang.reflect`**
  - Analyser des classes à l'exécution,
  - Inspecter des objets à l'exécution,
  - Ecrire une méthode toString() générique,
  - Manipuler des tableaux génériques,
  - Manipuler des méthodes comme des pointeurs sur fonction du C/C++…

Réflexivité dans un outil RAD

- Affichage des propriétés dans une fenêtre d'édition
- Propriété = attribut avec accesseur + modifieur (optionnel)
- Interrogation dynamique de la classe à la recherche de **`get...()`** et de **`set...()`**



Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

Analyser une classe

Analyser une classe

- Trois classes dans **`java.lang.reflect`**
  - **`Field, Method, Constructor`**
  - Toutes possèdent **`getName();`**
  - Field possède **`getType()`** qui renvoie un objet de type **`Class`**.
  - **`Method`** et **`Constructor`** ont des méthodes pour obtenir le type de retour et le type des paramètres,

Analyser une classe (suite)

- Ces trois classes possèdent **`getModifiers()`** qui renvoie un **`int`**, dont les bits à 0 ou à 1 signifient static, public, private, etc…
  - On utilise les méthodes statiques de **`java.lang.reflect.Modifier`** pour utiliser cette valeur
  - On trouve dans **`Modifier`** les méthodes **`toString(int)`** **`isFinal(int)`**, **`isPublic(int)`**, **`isPrivate(int)`**

Exemple d'utilisation

- Le programme du TP saura produire, à partir du nom d'une classe et d'un fichier .class

```
Class java.lang.double extends java.lang.number {
   public static final double POSITIVE_INFINITY;
   public static final double NEGATIVE_INFINITY;
   public static final double NaN;
   …
   public static java.lang.Double(double);
   public static java.lang.Double(java.lang.String);
   …
   public static java.lang.String toString(double);
   public static boolean isNaN(double);
   public boolean equals(java.lang.Object);
   …
}
```

Méthodes de la classe Class

- **`Field[] getFields()`**
  - Ne renvoie que les attributs public, locaux et hérités
- **`Field[] getDeclaredFields()`**
  - Renvoie tous les attributs locaux uniquement
- Ces deux méthodes renvoient un tableau de taille nulle si
  - Pas d'attributs
  - La classe est en fait un type prédéfini (int, double…)

Méthodes de Class (suite)

- **`Method[] getMethods()`**
  - Ne renvoie que les méthodes public, locales et hérités
- **`Method[] getDeclaredMethods()`**
  - Renvoie toutes les méthodes locales uniquement
- **`Constructor[] getConstructors()`**
  - Ne renvoie que les constructeurs publics
- **`Constructors[] getDeclaredConstructors()`**
  - Renvoie tous les constructeurs

Méthodes de Field, Method, Constructor

- `Class getDeclaringClass()`
- `Class[] getExceptionTypes()`
  - (Constructor et Method uniquement)
- `int getModifiers()`
- `String getName()`
- `Class[] getParameterTypes()`
  - (Constructor et Method uniquement)

TP : un analyseur de classes

- Ecrire une méthode **`analyseClasse(String nomClasse)`**
- qui affiche tout ce qu'il est possible d'obtenir comme information sur la classe dont le nom est passé en paramètre

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

Analyser un objet à l'exécution

Analyser un objet inconnu ?

- Jusqu'à présent, nous pouvons
  - déterminer les noms et les types des attributs d'un objet
  - Obtenir de l'objet, son type (un autre objet, de type Class)
  - Appeler getDeclaredFields() sur l'objet obtenu…
- Nous voulons maintenant obtenir le contenu d'un objet, c'est-à-dire le contenu de ses attributs
  - on ne connaît pas l'objet à examiner à l'avance, on ne connaît pas sa classe…

Accéder à la valeur d'un attribut

- Utiliser la méthode **`get()`** de la classe **`Field`**
  - Si **`f`** est un objet de type **`Field`**
    - **`f = field[i];`**
  - Si **`obj`** est un objet de la classe dont **`f`** est l'attribut
  - Alors **`f.get(obj)`** renvoie la valeur de l'attribut **`f`** de l'objet **`obj`**

Exemple

```
public class Personne {
    private String nom;
    private String prenom;
    private int age
    public Personne(String nom, String prenom, int age) {
        this.nom = nom;
        this.prenom = prenom;
        this.age = age;
    }
}
```

Exemple (suite)

```
Personne p = new Personne("Chombier",
  "Maurice", 47);
…
Class cl = p.getClass();
Field f = cl.getField("nom");
Object v = f.get(p);
System.out.println(v); // affiche "Chombier"
```

- Mais… Ca ne marche pas !
  - Car l'attribut "nom" est **`private`** !
  - Lève une **`IllegalAccessException`**

Exemple (suite)

- Le gestionnaire de sécurité Java permet de voir quels sont les attributs d'un objet, mais pas toujours de consulter leur valeur !
- Solution envisageable
  - mettre l'attribut "nom" public (bof)
  - mettre le code dans la classe Personne (bof bof)
  - utiliser **AccessibleObject.setAccessible(AccessibleObject[] array, boolean flag)**
    - Permet, par exemple, de donner accès aux attributs private
    - Peut aussi ne pas fonctionner si le gestionnaire de sécurité n'a pas donné l'autorisation (java.policy… cf. java rmi)
      - Lève alors une **`SecurityException`**

Exemple (suite)

- Que se passe-t-il si un attribut est d'un type prédéfini ?
  - **`f.get(obj)`** renvoie un **`Object`** !
- Dans ce cas, c'est la classe correspondante qui est choisie : **`Integer, Double, Float`**, etc…

```
Field f = cl.getField("age"); // age est un int
Object v = f.get(p);          // v est un Integer
```

- Avec les JDK 1.3 et 1.4 :
  - **`f.getInt(), f.getDouble(),`** etc…
- Avec Java 5 :
  - L'Auto-boxing simplifie un peu la notation

TP : une méthode toString générique

- Souvent, on redéfinit toString pour décrire un objet en affichant la valeur de ses attributs
- Avec la réflexivité, il est possible
  - d'écrire une méthode une seule fois
  - de la placer dans le source des classes ou assez haut dans le graphe d'héritage
  - Le code n'est écrit qu'une seule fois !

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

Exemple d'utilisation : un tableau grossissant

La classe Array de java.lang.reflect

- Problème classique : un tableau d'objets
  - d'un certain type
  - Et le tableau est plein
- On veut le faire grossir !

```
Personne[] tab = new Personne[10];
…
// Le tableau est plein
tab = (Personne[]) grossitTableau(tab);
```

Comment s'y prendre ?

- Essayons ceci :

```
static Object[] grossitTableau(Object[] tab) {
    int nouvelleTaille = tab.length * 11/10 + 10;
    Object[] nouveauTableau = new Object[nouvelleTaille];
    System.arrayCopy(tab, 0, nouveauTableau, tab.length);
    return nouveauTableau;
}
```

- Problème : le type **`Object[]`** ne peut ici être transtypé (*casté)* en **`Personne[]`**
- Pourquoi ?

Méthodes de la classe Array et de la classe Class

- Dans Array
  - `static Object newInstance(Class componentType, int length)`
  - `static int getLength()`
  - `boolean isArray()`
- Dans Class
  - `Class getComponentType()`, ne s'applique que sur un Array
  - Ex : `Class type = o.getClass().getComponentType();`
  - `o` doit être un Array, et `type` représente le type des éléments du tableau.

TP : modifier le code précédent

- Solution : utiliser la réflexivité pour créer un nouveau tableau du même type que le tableau original
- A faire en TP : modifier la méthode **`Object[] grossitTableau()`**
- … pour qu'elle fonctionne !
  - Penser à utiliser les méthodes de **`Array`** et de **`Class`** que nous venons de voir
  - Tester aussi avec un **`int[]`** ! Attention, piège !

Université Nice SOPHIA ANTIPOLIS

Des pointeurs sur fonction ?

Passer un paramètre à une fonction, de type Method ?

- Qui a dit que Java n'avait pas de pointeurs sur fonction ?

```
public print(double debut, double fin, double pas,
  Method f) {
    for(double x = debut; x < fin; x+= pas) {
       f(x);
    }
}
```

- Pas si simple !

Appeler une méthode

- La classe Method possède

```
Object invoke(Object o, Object[] args);
Object invoke(Object obj, Object... args);      // Java 5
```

  - `o` est l'objet dont qui va recevoir le message
    - Si on veut invoquer une méthode statique, `o` vaut `null`
  - `args` est la liste des paramètres

- Exemple
  - pour simuler `yoda.getNom()` où `yoda` est une instance de Personne et où `f` représente `getNom()`

```
String n = (String) f.invoke(yoda, null);
```

Invoquer une méthode (suite)

- Dans le cas de types prédéfinis, utiliser les "wrapper classes" **`Integer, Float, Double`**, etc…

- Exemple avec **`f`** qui représente **`setAge(int age)`** de la classe Personne

```
// JDK 1.2 à 1.4
Object[] args = {new Integer(735)};
f.invoke(yoda, args);

// Java 5 : Autoboxing + liste variable d'arguments
f.invoke(yoda, 735);
```

Comment obtenir un objet de type Method ?

- Utiliser getMethod(…) ou getDeclaredMethods() de la classe Class
- A cause de la surcharge, on doit préciser les types des paramètres avec **`getMethod(…)`**

```
Method getMethod(String nom, Class[] args)
Method getMethod(String nom, Class... args) // Java 5
```

- Exemple

```
m1 = Personne.class.getMethod("getNom", null);
m2 = Personne.class.getMethod("setAge",
                 new Class[] {int.class});
// Java 5
m2 = Personne.class.getMethod("setAge",int.class);
```

Pointeur sur fonction ou pas ?

- Nous nous sommes bien amusés (sic) avec des pointeurs sur fonction
- Mais c'est bien sûr à éviter !
  - Déjà, en C/C++ c'est à éviter
  - Transtypage de partout (Object partout)
- nous ferons bien mieux avec l'héritage, les interfaces et les classes internes ! Bref, avec le polymorphisme !
- Et quand nous n'y arriverons plus ou difficilement, nous utiliserons des *Design Patterns*…

Autres fonctionnalités

- Classe Proxy
  - Des méthodes statiques pour créer dynamiquement des classes et des instances *proxy*
- Une classe proxy (dynamique) est une classe qui implémente une liste d'interfaces spécifiée à l'exécution
  - Sans qu'un **texte** de classe existe
- On peut ensuite créer des instances par réflexivité
- Bénéfices ?
  - Créer des instances compatibles avec plusieurs interfaces (pour s'adapter facilement), sans écrire de classes au préalable

Nouvelles fonctionnalités de réflexivité en Java 5

- Metadata…
  - Annotations @... Dans le code Java
  - Contenu des annotations accessibles par introspection à l'exécution
- Prise en compte de la généricité
  - Classe (notion de type et de type paramétré)
- Autoboxing des types de base
  - Facilite la récupération des valeurs de ces types

Annotations en Java

- Une annotation permet de *marquer* certains éléments du langage Java afin de leur ajouter une propriété particulière
- Ces annotations peuvent ensuite être utilisées à la compilation ou à l'exécution pour automatiser certaines tâches

```
@MonAnnotation
public class MaClasse {
   /* ... */
}
```

- Annotations *standards* : @Deprecated, @Override, @SuppressWarnings("deprecation")
- Méta-annotations (pour annoter d'autres annotations) :
  - @Documented, @Inherit
  - @Retention(RetentionPolicy.SOURCE ou .CLASS ou .RUNTIME)
  - …

Création d'une annotation

- Création

```
import java.lang.annotation.*;
import static java.lang.annotation.RetentionPolicy.SOURCE;

@Documented
@Retention(SOURCE)
public @interface TODO {
   /* Message décrivant la tâche */
   String value();
}
```

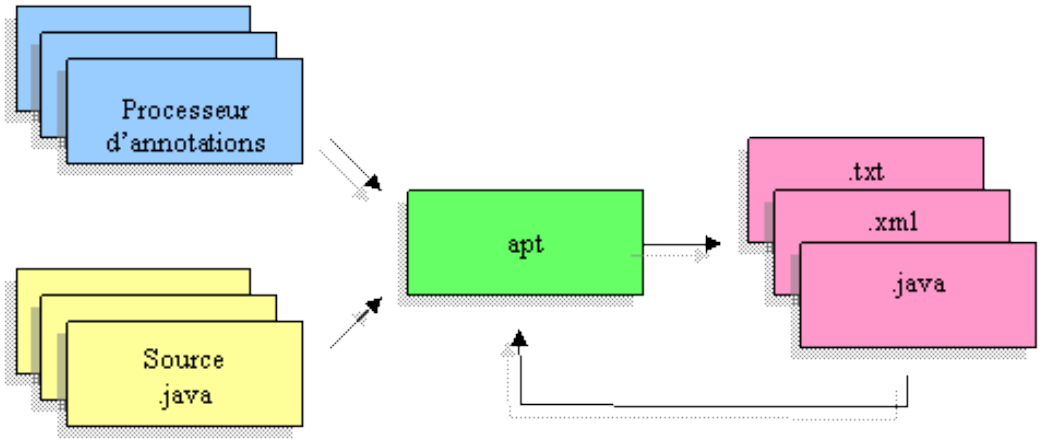
Attribut (type limité)

- Utilisation

```
@TODO(value="Coder tout ça vite fait...")
   public void ZeMethod () {
     …
```

Exploitation des annotations

- apt (annotation processing tool), Java 5



© jmdoudoux

- Introspection : getAnnotations sur tous les éléments : Class, Method, etc.
- Compilateur Java (Java 6) : API Pluggable Annotation Processing
  - Plus besoin d'outil externe