CENTRALE
L Y O N

Programmation Orientée Aspect - POA

CENTRALE
L Y O N

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Plan

- **Principes**
- **AspectJ**
- **JAC**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Aspect-oriented programming (AOP)

- **Aspect-oriented programming, or AOP, complements object-oriented programming by allowing the developer to dynamically modify the static object-oriented model to create a system that can grow to meet new requirements, allowing an application to adopt new characteristics as it develops.**
- ***AOP provides a solution for abstracting cross-cutting code that spans object hierarchies without functional relevance to the code it spans. Instead of embedding cross-cutting code in classes, AOP allows you to abstract the cross-cutting code into a separate module (known as an aspect) and then apply the code dynamically where it is needed. You achieve dynamic application of the cross-cutting code by defining specific places (known as pointcuts) in your object model where cross-cutting code should be applied. At runtime or compile time, depending on your AOP framework, cross-cutting code is injected at the specified point**

BTD/MAI/POA

3

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Historique

- **Les bases :**
  - ➔ **Méta-programmation**
  - ➔ **Réflexivité**
- **1996 :**
  - ➔ **Gregor Kiczales pose les bases d'AspectJ à Xerox PARC, Palo Alto**
- **1998 :**
  - ➔ **Première version d'AspectJ**
- **1998 ► 2005**
  - ➔ **AspectJ**
  - ➔ **JAC (Java Aspect Components)**
  - ➔ **JBoss AOP**
  - ➔ **AspectWerkz**
  - ➔ **Spring AOP**
  - ➔ **www.aosd.net …**

BTD/MAI/POA

4

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Qu'est-ce que la Programmation Orientée Aspect (POA) ?

- **Les développeurs d'applications ont généralement plusieurs préoccupations, qui peuvent être divisées en deux catégories :**
  - ➔ **Les préoccupations fonctionnelles (cœur de métier de l'application)**
  - ➔ **Les préoccupations techniques (non fonctionnelles) liées à l'environnement d'exécution.**
- **Le principe de séparation cherche à rendre indépendantes ces préoccupations afin d'améliorer la modularité des applications.**
  - ➔ **La POO a permis d'atteindre un certain degré d'indépendance, sans totalement casser les liens entre préoccupations**

BTD/MAI/POA

5

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

POA

- **La POA est un nouveau paradigme de programmation qui cherche à améliorer la séparation des préoccupations en modularisant les éléments transversaux des applications**
- **La POA ne remet pas en cause les autres paradigmes de programmation (approche procédurale ou objet), mais les étend en offrant des mécanismes complémentaires pour mieux modulariser les différentes préoccupations d'une application**

BTD/MAI/POA

6

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

AOP

- **La définition originale de l'AOP est la suivante :** ***"la programmation par aspect est une technique novatrice permettant de mettre en facteur certaines responsabilités dont la réalisation est à priori dispersée à travers un système, fût-il orienté objet."***

BTD/MAI/POA

7

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

POA - origines

- **La métaprogrammation**
- **La réflexivité**
- **Les protocoles à méta-objets**

- **Au-delà de la POO**
  - ➔ **Modularité**
  - ➔ **Réutilisation**
  - ➔ **Sûreté**
  - ➔ **Extensibilité**

- **Limites de la POO**
  - ➔ **Prise en compte de fonctionnalités transversales**
  - ➔ **Dispersion du code**

BTD/MAI/POA

8

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

POA + POO

- **Solution aux deux challenges :**
  - ➔ **Fonctionnalités transversales**
  - ➔ **Dispersion du code**
- **POA sur POO**
  - ➔ **Les CLASSES constituent le socle de l'application. Il s'agit des données et des traitements, qui correspondent au cœur de la problématique de l'application et qui répondent aux besoins premiers de celle-ci.**
  - ➔ **Les ASPECTS intègrent aux classes des éléments (classes, méthodes, données) supplémentaires qui correspondent à des fonctionnalités transversales ou à des fonctionnalités dont l'utilisation est dispersée.**

BTD/MAI/POA

9

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Démarche en deux temps

- **Dans un premier temps**
  - ➔ **Opérer un processus de décomposition pour identifier les classes et les aspects en fonction des besoins identifiés.**
  - ➔ **Il n'y a pas de règle universelle pour dire qu'une fonctionnalité est du ressort d'une classe plutôt que d'un aspect. Une fonctionnalité peut, selon les contextes applicatifs, être implémentée tantôt sous forme de classe, tantôt sous forme d'aspect.**
    - **C'est le cas, par exemple, des contraintes de temps d'exécution, qui sont des aspects dans les applications de gestion et des classes dans les applications de supervision de processus industriels.**
- **Dans un second temps**
  - ➔ **La conception d'une application orientée aspect s'accompagne d'un processus de recomposition. Il s'agit de mettre en commun les classes et les aspects pour obtenir une application opérationnelle. Ce processus est réalisé à l'aide des notions de POA de coupe et de point de jonction. Ces notions permettent de désigner les emplacements du programme autour desquels vont être greffés les aspects, et donc les fonctionnalités qu'ils implémentent.**

BTD/MAI/POA

10

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

La notion d'aspect

- **La programmation objet induit un découpage en fonction des données qui seront encapsulées dans les classes. Certaines fonctionnalités s'accommodent mal de ce découpage, et les instructions correspondant à leur utilisation se retrouvent dispersées dans l'ensemble de l'application.**
- **Tout changement dans l'utilisation de ces fonctionnalités implique dès lors de devoir consulter et modifier un grand nombre de fichiers. On dit en ce cas que leur code est éparpillé ou dispersé (*scattered* en anglais)**
- **Exemples : La gestion des traces**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Analyse du phénomène de dispersion

- **La dispersion du code est inéluctable : une classe fournit, via ses méthodes, un ou plusieurs services. Il est aisé de rassembler tous les services dans une classe, mais rien dans l'approche objet ne permet de rassembler les utilisations de ce service.**
- **La dispersion d'un fonctionnalité dans une application est un frein à son développement, sa maintenance et à son évolution.**
- **Le code devient embrouillé (*tangled* en anglais).**

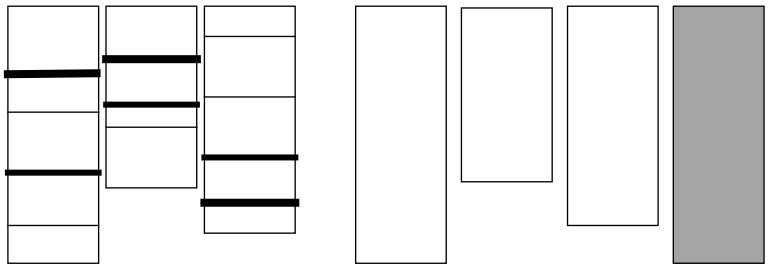
CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Définition

- **Aspect : Entité logicielle qui capture une fonctionnalité transversale à une application**
- **G. Kiczales : *AOP is about capturing a crosscutting structure* (Le rôle de la POA est de capturer une structure transversale).**

Sans aspect **Avec aspect**



BTD/MAI/POA

13

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Intégration de fonctionnalités transversales

- **Deux éléments entrent dans l'écriture d'un aspect :**
  - ➔ **La *coupe***
  - ➔ **Le code *advice***
- **Le code d'un aspect dépend de la fonctionnalité à implémenter. Au lieu de coder directement ,on fait appelle à une API dédiée. Le code de l'aspect « se contente » de faire des appels à l'API technique.**
- **Dans ce cas, l'aspect est un mécanisme d'intégration entre une fonctionnalité transversale, implémentée à l'aide d'une API dédiée et le code de l'application.**
- **Par le biais de cette bonne pratique de POA, l'aspect n'implémente plus directement la fonctionnalité transversale mais s'appuie pour cela sur une API dédiée.**

BTD/MAI/POA

14

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Services non fonctionnels et aspects

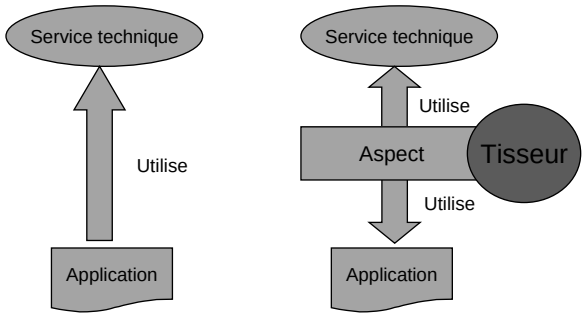
- **Il existe une séparation communément admise dans les applications entre le parties métier et non fonctionnelle.**
- **La partie métier, appelée également fonctionnelle, est le code qui correspond au comportement concret de l'application.**
- **La partie non fonctionnelle concerne tous les services supplémentaires fournis par l'application, principalement techniques (sécurité, contrôle d'accès, …)**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Inversion de dépendances

- **La POA introduit un lien entre le code des classes et celui des aspects**
- **En général, toute application fait appelle explicite aux fonctions ou méthodes d'une API technique. Lorsque cette API change il faut répercuter ces modifications à l'application.**
- **Le changement apporté par la POA est le suivant :**



- **Un aspect utilise un service technique pour l'intégrer à une application. La dépendance est donc inversée, l'application ne dépend plus du service technique, mais c'est l'aspect qui dépend de l'application**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Inversion

- **Le principal avantage de l'inversion réside dans l'allègement de la tâche du développeur applicatif.**
- **En POA, le développeur applicatif ne se préoccupe pas des services techniques. C'est le développeur d'aspects qui, en plus de l'implémentation concrète du service, propose une façon d'intégrer ce service aux applications métier.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Aspects et Frameworks

- **Les frameworks partagent avec la POA l'inversion de dépendance entre code des applications et celui des bibliothèques.**
- **Un framework est un ensemble de classes fournissant un cadre de base réutilisable pour la construction d'applications :**

  ➔ **Application réutilisable semi-complète, qui peut être spécialisée pour produire des applications personnalisées.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le tissage d'aspects

- **Une application POA est composée d'un ensemble de classes et d'un ou plusieurs aspects. Une opération automatique est nécessaire pour obtenir une application opérationnelle, intégrant des classes et des aspects.**
- **Cette opération est désignée sous terme de tissage (*weaving* en anglais) et le programme qui la réalise est un tisseur d'aspects (*aspect weaver*). L'application obtenue à l'issue du tissage est dite tissée.**
- **Définition**

  Tisseur d'aspects (*aspect weaver*) est un programme qui réalise une opération d'intégration entre un ensemble de classes et un ensemble d'aspects.
- **L'opération de tissage peut être effectuée à la compilation ou à l'exécution.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le tissage à la compilation

- **Le tisseur est un programme qui, avant l'exécution, prend en entrée un ensemble de classes et un ensemble d'aspects et fournit en sortie une application augmentée des aspects. Un tel tisseur est donc très proche du compilateur.**
- **Les classes fournies en entrée du tisseur peuvent se présenter soit sous forme de code source, soit sous forme de code intermédiaire.**
- **Avec le tissage à la compilation, les aspects sont pris en compte lors de la compilation, leurs effets sont présents dans le code final, mais il n'y a aucun moyen de les distinguer du reste du code.**
- **Ce tissage est dit statique.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le tissage à l'exécution

- **Le tisseur est un programme qui permet d'exécuter à la fois l'application et les aspects qui lui ont été ajoutés. Les aspects ont une existence propre lors de l'exécution.**
- **On travaille au niveau du code intermédiaire, préalablement compilé.**
- **L'avantage est que les aspects peuvent être ajoutés, enlevés ou modifiés à chaud, pendant que l'application s'exécute.**
  - ➔ **Prise en compte de fortes contraintes de disponibilité.**
- **Un tel mode de tissage est dit dynamique.**

BTD/MAI/POA

21

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Exemples d'aspects

- **Il n'existe pas encore de consensus sur les étapes pour identifier des aspects.**
- **Le fait de décider si une fonctionnalité est du ressort du métier, et donc implémentable sous forme de classe, ou des aspects reste de l'ordre du choix conceptuel.**
  - ➔ **Contrainte temps réel**
    - **Aspect pour une application de gestion**
    - **Classes métier pour une application de contrôle de trafic**
- **Manipulation de collections**
  - ➔ **Aspect pour exprimer la persistance**
- **IHM**
  - ➔ **Framework STRUTS et modèle de conception MVC**
- **Design patterns**
  - ➔ **Mise en œuvre de certains patterns à l'aide d'aspects.**

BTD/MAI/POA

22

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les points de jonction

- **Un aspect est une structure transversale à une application.**
- **Le point de jonction (*join point*) est un point dans l'exécution d'un programme autour duquel un ou plusieurs aspects peuvent être ajoutés**
  - ➔ **Cette notion de point de jonction peut être comparée à celle de point d'arrêt d'un programme.**
- **Dans le cadre de la POA, un point de jonction désigne un endroit du programme où l'on souhaite ajouter un aspect.**

BTD/MAI/POA

23

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les différents types de points de jonction

- **La notion de point de jonction révèle un caractère éminemment dynamique, car il s'agit d'événements qui surviennent lors de l'exécution du programme, il est donc nécessaire de s'appuyer sur la structure des programmes.**
- **Les points de jonction s'appuient sur des méthodes (début de méthode, activation d'une méthodes, …).**
- **Les éléments suivants peuvent servir d'appui de points de jonctions :**
  - ➔ **Méthodes (appel, début, fin)**
  - ➔ **Constructeurs**
  - ➔ **Classes et interfaces (plus discutable)**
  - ➔ **Exceptions**
  - ➔ **Attributs**
  - ➔ **Blocs de code (mais granularité très/trop fin)**
  - ➔ **Instructions (mais granularité très/trop fin)**
- **La tâche du programmeur d'aspect consiste à sélectionner les points de jonctions pertinents pour son aspect.**

BTD/MAI/POA

24

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les coupes

- La coupe (*crosscut*) désigne un ensemble de points de jonction.
- Une coupe est définie à l'intérieur d'un aspect. Dans les cas simples, une seule coupe suffit pour définir la structure transversale d'un aspect. Dans les cas plus complexes, un aspect est associé à plusieurs coupes.
- Les notions de coupes et de points de jonction sont liées par leur définition. Pourtant, leur nature est très différente : Une coupe est un élément de code défini dans un aspect, alors qu'un point de jonction est un point dans l'exécution d'un programme.
- Si une coupe désigne un ensemble de points de jonction, un point de jonction donné peut appartenir à plusieurs coupes d'un même aspect ou d'aspects différents. Dans ce cas, il est nécessaire de définir l'ordre d'application des différentes coupes et des différents aspects autour des points de jonction.

BTD/MAI/POA

25

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Exemples de coupes

- **Coupe de modification de données :**
  - ➔ Désigne toutes les instructions d'écriture sur un ensemble d'attributs (sauvegarde de manière persistante des données, mise à jour des vues associées aux données).
- **Coupe d'appel de méthode :**
  - ➔ Désigne toutes les instruction d'appel pour un ensemble de méthodes (pour reconstituer le diagramme de séquence d'appels de méthodes).
- **Coupe d'exécution de méthode :**
  - ➔ Désigne toutes les exécutions d'un ensemble de méthodes (pour calculer les temps d'exécution respectifs d'un ensemble de méthodes).

BTD/MAI/POA

26

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les codes advice

- **Une coupe définit où un aspect doit être greffé dans l'application. Elle désigna pour cela un ensemble de points de jonction.**
- **Le code advice définit ce que l'aspect greffe dans l'application (les instructions ajoutées par l'aspect).**
- **Définition :**
  - ➔ **Code advice est le bloc de code définissant le comportement d'un aspect.**
- **Un aspect comporte un ou plusieurs codes advice. Chacun définit un comportement particulier pour son aspect. Le code advice joue en quelque sorte le même rôle qu'une méthode, à la différence que les codes advice sont associés à une coupe, et donc à des points de jonction et ont un type.**
- **Un code advice définit l'intégration d'une fonctionnalité a priori transversale.**

BTD/MAI/POA

27

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Exemples de codes advice

- **Code advice de sauvegarde de données :**
  - ➔ **Permet de sauvegarder la valeur d'un attribut dans une base de données ou un fichier. Est utilisé en conjonction avec une coupe de modification de données, permet d'implémenter un aspect de persistance de données.**
- **Code advice de synchronisation :**
  - ➔ **Garantit que, en présence d'exécution multithread, l'accès à un ensemble de méthodes reste cohérent. Il s'agit, par exemple, de bloquer l'accès à une méthode lorsque cette dernière est en cours d'exécution.**

BTD/MAI/POA

28

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les différents types de code advice

- **Il existe trois types principaux de code advice**
  - ➔ **Before : le code est exécuté avant les points de jonction**
  - ➔ **After : après**
  - ➔ **Around : avant et après**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le mécanisme d'introduction

- **Le mécanisme d'introduction permet d'étendre le comportement d'une application en lui ajoutant des éléments, essentiellement des attributs ou des méthodes.**
- **Ces nouveaux éléments sont introduits, c'est-à-dire ajoutés à l'application.**
- **L'introduction est un mécanisme purement additif, qui ajoute de nouveaux éléments à une classe.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Exemples d'introductions

- **Introduction d'interface d'accès distant :**
  - ➔ **Ajoute une interface d'accès distant à une classe et rend accessible les instances de cette classe via un middleware (par exemple Java RMI ou des services Web).**
- **Introduction d'un attribut de type date :**
  - ➔ **Ajoute un attribut de type date afin que la date de création de toutes les instances de cette classe puisse être enregistrée.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

La composition d'aspects

- **Conflits entre aspects :**
  - ➔ **Incompatibilité**
  - ➔ **Dépendance**
  - ➔ **Redondance**
- **L'ordonnancement des aspects**
- **L'ordre de tissage des aspects**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Cas concret AspectJ

- **Programmation avec AspectJ**
- **AspectJ ajoute des nouveaux mots-clés à Java.**
- **AspectJ fait le tissage statique – à la compilation.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Classe Customer

```
Package aop.aspectj;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * cette classe represente l'activite d'un client
 * qui achete 1 DVD et 2 CD,
 * puis demande le calcul du montant de la commande.
 *
 * */
public class Customer {
   /**
    * L'activite du client.
    */
   public void run() {
      Order maCommande = new Order();
      maCommande.addItem("DVD",1);
      maCommande.addItem("CD",2);
      double montant =
       maCommande.computeAmount();
      System.out.println("Montant de la commande :
        "+montant+" euros");
   }
  Public static void main (String[] args) {
       New Custoler().run();
  }
}
```

- **La classe *Customer* est le point d'entrée dans l'application.**
- **La méthode *main* crée un objet de la classe Customer et appelle la méthode run.**
- **Celle-ci crée une commande (objet *myOrder*), appelle deux fois la méthode *addItem* en fournissant une référence et une quantité puis calculs le montant de la commande et l'affiche.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Classe Order

```
package aop.aspectj;
import java.util.HashMap;
import java.util.Iterator;
import java.util.Map;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes, cette classe
        représente les commandes des clients.
 * Les articles commandés sont ajoutes à une map.
*/
public class Order {
   /** Les articles commandes. */
   private Map articles = new HashMap();

   /**
    * Ajout d'un article a la commande.
    *
    * @param reference  la reference de l'article.
    * @param quantite   la quantite commande.
    */
   public void addItem( String reference, int quantite ) {
      articles.put(reference,new Integer(quantite));
      System.out.println(
         quantite+" article(s) "+reference+" ajoute(s) a la
      commande");
   }
```

- Les commandes sont gérées par la classe *Order*
- La classe *Order* stocke les articles et les quantités commandées dans une table de hachage (attribut *items*). Cette table est indexée par la référence de l'article.

```
/**
    * Calcul du montant de la commande.
    *
    * @return  le montant de la commande.
    */
   public double computeAmount() {
      double montant = 0.0;
      for (Iterator iter = articles.entrySet().iterator();
       iter.hasNext();) {
         Map.Entry entry = (Map.Entry) iter.next();
         String article = (String) entry.getKey();
         Integer quantite = (Integer) entry.getValue();
         double prix = Catalog.getPrice(article);
         montant += prix*quantite.intValue();
      }
      return montant;
   }
```

- La méthode *addItem* ajoute un article à la commande et affiche un message à l'écran pour signaler cette opération.
- La méthode *computeAmount* passe en revue l'ensemble des articles détermine le prix de chacun et retourne le montant total de la commande.

BTD/MAI/POA

35

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Classe Catalog

```
package aop.aspectj;

import java.util.HashMap;
import java.util.Map;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes, cette classe
        represente le catalogue d'articles disponibles.
*/
public class Catalog {
   /**
    * Les tarifs.
    * Map avec comme clé la reference de l'article et comme
       valeur le prix de l'article.
    */
   private static Map tarif = new HashMap();

   /** Les tarifs des articles du catalogue. */
   static {
      tarif.put( "CD", new Double(15.0) );
      tarif.put( "DVD", new Double(20.0) );
   }
/**
    * Calcul du prix d'un article.
    *
    * @param reference  la reference de l'article.
    * @return           le prix de l'article.
    */
   public static double getPrice( String reference ) {
      Double prix = (Double) tarif.get(reference);
      return prix.doubleValue();
   }
}
```

- Le prix de chaque article est déterminé à l'aide de la méthode *Catalog.getPrice*
- La classe *Catalog* stocke les prix de chaque article dans la table de *hachage priceList*.
- Cette table est indexée par les références des articles.
- Les valeurs de cette table sont les prix des articles.
- Le bloc de code *static* initialise la table *priceList* avec deux articles : un CD à 15 € et un DVD à 20 €.
- La méthode *getPrice* retourne le prix d'un article dont la référence est passée en paramètre.

BTD/MAI/POA

36

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Aspect TraceAspect

```
package aop.aspectj;
import java.util.Date;
import java.util.Map;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * cet aspect trace les appels a la methode addItem.
 *
 */
public aspect TraceAspect {
   /**
    * Cette coupe est tres detaillee puisque seuls les
      appels a la methode
    * dont la signature est citee sera tracee.
    */
   pointcut toBeTraced():
      call( public void
       aop.aspectj.Order.addItem(String,int) );
   /**
    * Code advice qui affiche les messages de trace.
    */
   void around(): toBeTraced() {
      System.out.println("-> Avant appel addItem");
      proceed();
      System.out.println("-> Apres appel addItem");
   }

}
```

- AspectJ étend la syntaxe Java avec de nouveaux mots-clés.
- *Aspect*, ici TraceAspect, entité similaire à une classe
- Les coupes
- Le mot-clé *pointcut* définit une coupe, ici *toBeTraced*.
- Chaque coupe est associée à une expression, qui définit son ensemble de points de jonction.
- Les points de jonction sont typés, et chaque type est associé à un mot-clé.
- Une expression de coupe peut comporter des points de jonctions de types différents.
- Ce n'est pas le cas dans cet exemple simple de la coupe *toBeTraced*, où seul le type *call* est utilisé.
- Les points de jonction de type *call* désignent les points où une méthode est appelée. La méthode à prendre en compte est fournie, via son profil, entre parenthèses.
- Ici on constate que le profil est très précis, il ne désigne qu'une seule méthode parmi toutes celles existant dans l'application.
- Il est possible d'utiliser des *wildcards* pour désigner en une seule expression plusieurs méthodes.
- La *coupe toBeTraced* est associée à la méthode *addItem*. Cela ne signifie pas qu'il n'y a qu'un seul point de jonction pour cette coupe. Tous les points où la méthode est appelée sont concernés.
- Ici, il y a en deux, puisque la méthode *addItem* est appelée deux fois dans la méthode *run* de la classe *Customer*.

BTD/MAI/POA

37

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les codes advice

- L'aspect TraceAspect comporte un seul code advice.
- Les codes advice peuvent être de trois types :
  - ➔ before
  - ➔ after
  - ➔ around
- Dans le cas *around*, *proceed* déclenche l'exécution du point de jonction.
- *Proceed* délimite donc une partie avant et une partie après le code advice
- Les coupes désignent certains emplacements stratégiques dans l'application
- Les *wildcards* fournissent des mécanismes exprimant la généricité
  - ➔ Les noms de méthode et de classe : *
  - ➔ Les profiles de méthode : *
  - ➔ Les sous-types : *

BTD/MAI/POA

38

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le mécanisme d'introspection de point de jonction

- **Introspection : inspection de l'intérieur pour obtenir des informations sur le code ayant déclenché le point de jonction.**
- **En aspectJ l'introspection s'effectue avec le mot-clé thisJoinPoint. De la même façon que this est une référence à l'objet en cours, thisJoinPoint est une référence à un objet décrivant le point de jonction en cours. Cet objet appartient à la classe prédéfinie org.apsectj. Lang.JoinPoint**
  - ➔ **Principales méthodes :**
    - **Object[]getArgs() Retourne les arguments du point de jonction**
    - **Signature getSignature () Retourne la signature du point de jonction**
    - **String getKind () Retourne le type de point de jonction**
    - **SourceLocation getSourceLocation () Retourne la localisation du point de jonction dans le code source**
    - **Object getTarget () Retourne l'objet cible du point de jonction**
    - **Object getThis () Retourne l'objet source du point de jonction**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Aspect AddDate

```
package aop.aspectj;
import java.util.Date;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * cet aspect introduit une date pour chaque
     commande.
 *
*/
public aspect AddDate {
   /** Attribut date introduit dans la classe
      Order. */
   private Date Order.date;

   /** 2 méthodes getDate() et setDate()
      introduites dans Order. */
   public Date Order.getDate() { return date; }
   public void Order.setDate(Date date) {
      this.date = date; }

   /** Un constructeur introduit dans Order. */
   public Order.new (Date date) { this.date =
      date; }

/**
    * Après la construction d'une nouvelle
      instance de Order,
    * on initialise le l'attribut introduit date avec
      la date courante.
    */
   after() : initialization(Order.new (..)) {
      Order myOrder = (Order)
      thisJoinPoint.getTarget();
      myOrder.date = new Date();
   }

   /**
    * Coupe et code advice "artificiel" pour
      tester l'ajout de l'attribut date.
    * A la fin de la méthode main,
    * on crée et une instance de Order et on
      affiche la valeur du champ date.
    */
   after() : execution(void Customer.main(..)) {
      Order myOrder = new Order();
      System.out.println("Date de creation de la
      commande "+myOrder.date);
   }
```

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Aspect TraceAspect2

```
package aop.aspectj;
import java.util.Date;
import java.util.Map;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * cet aspect trace les appels a toutes les
      methodes de la classe Order.
 * */
public aspect TraceAspect2
   /**
    * Cette coupe capture les appels a toutes les
      methodes de la classe Order.
    */
   pointcut toBeTraced(): call( *
      aop.aspectj.Order.*(..) );
   /**
    * Code advice qui affiche les messages de
      trace.
    */
   Object around(): toBeTraced() {
      System.out.println("-> Avant appel");
      Object ret = proceed();
      System.out.println("-> Apres appel");
      return ret;
   }
}
```

- **Exemple d'utilisation de wildcards**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Aspect TraceAspect3

```
package aop.aspectj;
import java.util.Date;
import java.util.Map;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * cet aspect trace les appels a toutes les methodes de la
      classe Order et
 * affiche des informations sur chaque point de jonction
      rencontre.
 */
public aspect TraceAspect3 {
   /**
    * Cette coupe capture les appels a toutes les
      methodes de la classe Order.
    */
   pointcut toBeTraced(): call( * aop.aspectj.Order.*(..)
      );
   /**
    * Code advice qui affiche les messages de trace et
    * les informations sur l'introspection des points de
      jonction.
    */
   Object around(): toBeTraced() {
      String methodName =
       thisJoinPoint.getSignature().getName();
      Object[] args = thisJoinPoint.getArgs();
      Object caller = thisJoinPoint.getThis();
      Object callee = thisJoinPoint.getTarget();
      System.out.println("-> Debut methode
          "+methodName);
      System.out.print("-> "+args.length+"
       parametre(s) ");
      for (int i = 0; i < args.length; i++) {
         System.out.print( args[i]+" " );
      }
      System.out.println();
      System.out.println("-> "+caller+" vers "+callee);
      Object ret = proceed();
      System.out.println("<- Fin methode
       "+methodName);
      return ret;
   }
}
```

- **Pour illustrer l'introspection nous voulons afficher**
  - ➔ **Le nom de la méthode dont l'appel est intercepté**
  - ➔ **Les paramètres de l'appel**
  - ➔ **La référence de l'objet courant, autrement dit l'objet appelant**
  - ➔ **La référence de l'objet cible, autrement dit l'objet appelé**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Environnement Java Aspect Components (JAC)

- **Alors que AspectJ est un langage, avec JAC, l'écriture d'un programme orienté aspect se fait en Java pur.**
- **Une API dédiée permet la définition d'aspects, de coupes et de code advice.**
- **Une deuxième différence entre AspectJ et JAC concerne le tissage d'aspects :**
  - **➔Avec AspectJ le tissage intervient au moment de la compilation,**
  - **➔JAC effectue le tissage lors de l'exécution.**
- **Ceci introduit plus de souplesse dans la gestion, car les aspects peuvent être ajoutés ou retirés dynamiquement.**
- **JAC est un logiciel Open Source sous licence GNU LGPL**

BTD/MAI/POA

43

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Premier exemple de JAC

- **On prend le même exemple que précédemment (Gestion de commande) et on lui applique le même aspect de gestion de traces.**
- **Cet aspect sera écrit avec JAC. Il s'agit d'inspecter le comportement de l'application afin de connaître les méthodes appelées et l'ordre de ces appels.**

BTD/MAI/POA

44

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Premier aspect de trace

```
package aop.jac;
import
      org.objectweb.jac.core.AspectComponent;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * ce composant d'aspect trace les executions de
      la methode addItem.
*/
public class TraceAspect extends
      AspectComponent {

   public TraceAspect() {
      /**
       * Cette coupe est tres detaillee puisque
      seules les executions
       * de la methode dont la signature est citee
      sera tracee.
       */
      pointcut(
         ".*","aop.jac.Order","addItem.*",
         "aop.jac.TraceWrapper",
         null,false);
   }
}
```

- Il s'agit de tracer les exécutions de la méthode AddItem de la classe Order
- Le code de l'aspect comporte deux classes :
  - → TraceAspect pour définir la coupe
  - → TraceWrapper pour définir le code advice qui, dans la terminologie JAC, s'appelle un wrapper
- Aucun mot-clé nouveau n'est introduit.
- La classe TraceAspect qui définit une coupe hérite de la classe ApsectComponent, qui est fournie par JAC.
- Les aspects JAC sont parfois désignés sous le terme de composant d'aspect
- La classe TraceAspect comporte un constructeur qui appelle la méthode poiuntcut. Cette méthode est héritée de la classe AspectComponent. Elle permet de déclarer une nouvelle coupe.
- Six paramètres sont nécessaires :
  - → 3 premiers concernent la définition de la coupe
    - Quels objets
    - Quelles classes
    - Quelles méthodes
  - → 4° fournit le wrapper associé
  - → 5° et 6° indiquer les propriétés de la coupe
    - Gestionnaire d'exception
    - Mode d'instanciation

BTD/MAI/POA

45

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Wrapper

- Wrapper à la place de code advice
- Le code d'un wrapper, comme un code adice, s'exécute avant ou après un point de jonction.
- Avec JAC les wrappers sont définis dans une classe différente de celle de l'aspect. Cela permet de réutiliser les wrappers indépendamment des aspects et vice-versa
- Le nom de la classe implémentant un wrapper est fourni au moment de la définition du pointcut. Il s'agit ici de la classe TraceWrapper ci-contre.
- Les wrappers JAC sont des classes qui héritent de la classe Wrapper. Un wrapper JAC permet d'exécuter des instructions avant et après les points de jonction d'une coupe.
- C'est systématiquement un wrapper de type around. Il n'y a pas de type before ou after avec JAC. Ceci n'est pas limitation, car il suffit de définir un wrapper around sans partie before ou after.
- L'interface d'un wrapper JAC est conforme à l'API AOP Allinace.
- Un wrapper doit définir un constructeur prenant en paramètre une instance de la classe AspectComponent. Ce constructeur peut contenir n'importe quelle instruction, mais il faut au minimum qu'il appelle le constructeur hérité. Ce constructeur est appelé par le framework JAC lorsqu'il instancie un wrapper.
- Les points de jonction pris en compte par un wrapper sont soit des exécutions de méthode, soit des exécutions de constructeurs.

BTD/MAI/POA

46

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les wrappers

```
package aop.jac;
import org.aopalliance.intercept.ConstructorInvocation;
import org.aopalliance.intercept.MethodInvocation;
import org.objectweb.jac.core.AspectComponent;
import org.objectweb.jac.core.Wrapper;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * ce wrapper affiche les messages de trace.
*/
public class TraceWrapper extends Wrapper {
    public TraceWrapper(AspectComponent ac) {
        super(ac);
    }
    /**
     * Interception des executions de constructeurs.
     */
    public Object construct(ConstructorInvocation ci) throws
            Throwable {
        return proceed(ci);
    }
    /**
     * Interception des executions de methodes.
     */
    public Object invoke(MethodInvocation mi) throws Throwable
            {
        System.out.println("-> Avant addItem");
        Object ret = proceed(mi);
        System.out.println("-> Apres addItem");
        return ret;
    }

}
```

- **Les méthodes invoke et construct permettent de définir pour ces deux types de point de jonction du code avant et après.**
- **Les méthodes invoke et construct sont invoquée pr le framework JAC juste avant l'exécution du point de jonction appartenant à une coupe. Leur signature est imposée par JAC : elle retourne un Object et lève éventuellement une exception Throwable. En Java, Throwable est la classe ancêtre de toutes les exceptions.**
- **La méthode invoke prend en paramètre une instace de MethodInvocation, et la méthode construct une instance de ConstructorInvocation. Ces deux paramètres permettent d'introspecter le point de jonction.**
- **La méthode proceed délimite les parties avant et après d'un wrapper.**
- **Dans la méthode invoke, le paramètre mi de type MethodInvocation doit être transmis lors de l'appel proceed.**
- **Il va de même pour le paramètre ci de type ConstructorInvacation dans la méthode construct.**
- **La valeur de retour de proceed correspond à la valeur retournée par le point de jonction. Elle doit être retournée par le wrapper.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Configuration d'aspect

- **La configuration d'aspect est un concept essentiel de JAC**
- **Chaque aspect JAC est associé à un fichier de configuration. Ce fichier fournit des valeurs des propriétés.**
  - **➔Par exemple, pour un aspect de transaction, il s'agit d'indiquer quelles méthodes de l'application doivent être rendues transactionnelles, de même pour persistance.**
  - **➔Les fichiers de configuration d'aspects de JAC sont des fichiers texte (extension .acc).**
  - **➔Chaque ligne correspond à l'appel d'une méthode publique de l'aspect qui lui est associé avec des paramètres associés**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Coupe configurable

```
package aop.jac;
import org.objectweb.jac.core.AspectComponent;
/**
 * Dans l'application Gestion de commandes,
 * ce composant d'aspect permet de definir des coupes et
 * de tracer les executions de methodes appartenant a ces coupes.
*/
public class TraceAspect2 extends AspectComponent {

   /**
    * L'appel de la methode trace dans le fichier de configuration de
    * l'aspect definira une coupe a partir des trois expressions fournies.
    * Cette coupe sera associee au wrapper TraceWrapper2.
    */
   public void trace( String objectPE, String classPE, String methodPE ) {
      pointcut(
         objectPE, classPE, methodPE,
         "aop.jac.TraceWrapper2",
         null,false);
   }
}
```

- Au lieu de coder en dur la définition de la coupe dans son constructeur, on peut définir une méthode trace.
- La méthode trace accepte trois paramètres objectPE, classPE, methoPE avec le suffixe PE pour pointcun expression.
- Trace appelle avec ces 3 paramètres la méthode pointcut, héritée de AspectComponent.
- Elle définit donc une coupe en précisant que traceaspect2 est le wrapper associé.
- Pour obtenir un comportement identique à celui de TracsAspect, le fichier de configuration traceaspect2.acc contient:
  - ➔ trace ".*" "aop.jac.Order" ".*" "addItem(java.lang.String,int):void «
- En fournissant dans le fichier de configuration la définition de la coupe, TraceAsepct2 peut être tissée à n'importe quelle application. De plus la méthode trace peut être utilisée plusieurs fois dans le fichier de configuration, ce qui permet de définir plusieurs coupes.

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Descripteur d'application

```
# ------------------------------------------------
# - Application: Gestion de commandes       -
# - Aspect:      Trace de la methode addItem -
# - Descripteur d'application               -
# ------------------------------------------------

# L'identifiant de l'application
applicationName: Gestion de commandes

# Classe contenant la methode main de lancement de l'application
launchingClass: aop.jac.Customer

# Le(es) composant(s) d'aspect tisse(s)
# Ici seul le composant d'aspect traceid
# dont le fichier de configuration est traceaspect.acc
# est tisse
aspects: traceid traceaspect.acc true

# La definition du(des) composant(s) d'aspect
jac.acs: traceid aop.jac.TraceAspect
```

- Il s'agit d'un fichier décrivant une application orientée aspect avec JAC.
- Chaque ligne commence par le nom d'une propriété : valeur de la propriété
  - ➔ ApplicationName Gestion de commandes
  - ➔ launchingClass aop.jac.Customer
  - ➔ Aspect: traceid traceapsect2.acc true
    - Avec trois valeurs: identificateur, fichier de configuration et valeur true ou false pour indiquer si l'aspect est initialement tissé ou non.
  - ➔ Jac.acs: traceid aop.jac.TraceApsect2
    - Identificateur et classe Java d'implémentation

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Compilation

- **Cinq catégories de fichiers :**
  - ➔ **Fichiers Java de l'application (Costumer.Java, Order.Java, Catalog.Java)**
  - ➔ **Fichiers Java d'aspect (TraceAspect2.java)**
  - ➔ **Fichiers Java des wrappers (Tracewrapper.java)**
  - ➔ **Fichiers de configuration (traceaspect2.jac)**
  - ➔ **Fichier descripteur d'application (customer.jac)**

  - ➔ **Les fichiers Java sont compilables avec n'importe quel compilateur Java, avec la bibliothèque jac.jar**
  - ➔ **Le résultat de la compilation est un ensemble de fichiers .class**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Exécution

- **L'exécution d'une application orientée aspect avec JAC se fait en demandant au framework de charger un fichier .jac**
- **Le lancement du framework s'effectue à l'aide de la bibliothèque jac.jar**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les coupes

- La définition d'une coupe passe par l'appel de la méthode pointcut de la classe AspectComponent
- Trois catégories de paramètres sont associées à la méthode pointcut:
  - ➔ Expressions de coupe : définissent les points de jonction faisant partie de la coupe. La méthode pointcut accepte 3 ou 4 paramètres de types chaine de caractères pour définir les expressions de coupe.
  - ➔ Wrapper associé à une coupe : fournit le code, écrit dans une sous-classe de la classe Wrapper (avec 2 à 3 paramètres pour la méthode pointcut).
  - ➔ Gestionnaire d'expression : Les exceptions peuvent générer des exceptions. Le gestionnaire est une méthode de la classe implémentant le wrapper. La méthode pointcut accepte un paramètre de type chaine de caractères pour désigner ce gestionnaire. La valeur du paramètre correspond au nom de la méthode ou à null.

BTD/MAI/POA

53

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les expressions de coupe

- Trois expressions de coupe dans les cas standards et une pour des points de jonction de programmes répartis.
- Les 3 méthodes concernent les classes, les objets et les méthodes (expression de c/o/m), elles peuvent être vues comme des filtres.
  - ➔ Expression de classe : filtres sur les noms de classes
  - ➔ Expression d'objet : filtres sur les noms d'objets
  - ➔ Expression de méthode : filtres sur les signatures de méthodes
    - addItem(java.lang.String, int):void
  - ➔ Expressions régulières GNU regexp (mécanismes des expressions régulières GNU)
    - Opérateur de désignation .
    - Opérateurs de répétitions +, *
    - Operateur ensemble []
    - Opérateur d'exclusion ^
    - Intervalle de valeurs –
    - Opérateurs ALL, ||, &&,! Respectivement * , OR, AND, NOT
  - ➔ Les opérateurs de type de méthode permettent de caractériser le comportement de méthodes vis-à-vis des attributs de leur classe
    - ACCESSORS : lecture d'au moins un attribut de la classe
    - MODIFIERS : écriture d'au moins un attribut de la classe
    - GETTERS (liste) : méthodes retournant des valeurs
    - SETTERS (liste) : méthodes effectuant des écritures
    - ADDERS (liste) :méthodes ajoutant des éléments à la collection
    - REOVERS (liste) méthodes retirant des éléments

BTD/MAI/POA

54

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le wrapper associé à une coupe

- La méthode pointcut permet de définir des coupes.
- Ses premiers paramètres concernent les expressions de coupe : classe, objet et méthode
- Pour indiquer le wrapper associé à la coupe, trois cas se présentent :
  - ➔ Deux paramètres : une chaîne de caractères wrapperClassName et un booléen one2one respectivement le nom de la classe implémentant le wrapper (sous-classe de org.objectweb.jac.core.Wrapper) et pour one2one :
    - Si false, le wrapper est le singleton, tout le monde partage le même wrapper
    - Si true, chaque point de jonction a sa propre instance de wrapper
  - ➔ Trois paramètres : les deux précédents et un tableau d'objets initParameters. Ce tableau est utilisé lors de l'instanciation pour transmettre des valeurs initiales au constructeur du wrapper.
  - ➔ Le développeur fournit directement une instance de la classe implémentant le wrapper.

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les wrappers

- Don a deux catégories de classes : celles pour définir les aspects et celles pour définir les wrappers
  - ➔ Les wrappers héritent de la classe org.objectweb.jac.core.Wrapper
  - ➔ Les wrappers sont par défaut de type around, les types before et after n'existent pas explicitement.
  - ➔ Les instances de wrapper sont créées par le framework JAC
  - ➔ La classe implémentant les wrappers doit fournir un constructeur de type org.objectweb.jac.core.AspectComponent
  - ➔ Une classe MyWrapper implémentant un wrapper :

```
import org.objectweb.jac.core.Wrapper
import org.objectweb.jac.core.AspectComponent
public class MyWrapper extends Wrapper {
  public MyWrapper (AspectComponent ac) {super (ac);}
```

  - ➔ Un wrapper fournit des parties avant et après pour les points de jonction de type exécution de méthode et exécution de constructeur (invoke et construct)
  - ➔ Profile de la méthode invoke

```
public Object invoke (MéthodInvocation mi) throws Throwable ;
```

  - ➔ Schéma général :

```
public Object invoke (MéthodInvocation mi) throws Throwable  {
// code avant
Object ret = proceed (mi) ;
// code après
Return ret ;
}
```

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Les wrappers

➔ **Les constructeurs**

➔ **La méthode construct :**

```
public Object construct (ConstructorInvocation ci) throws Throwable ;
```

➔ **Schéma général :**

```
public Object construct (ConstructorInvocation ci) throws Throwable {
// code avant
Object ret = proceed (mi) ;
// code après
Return ret ;
}
```

➔ **Même si aucun code avant ou après n'est défini, la méthode construct est obligatoirement dans un wrapper**

BTD/MAI/POA

57

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le mécanisme d'introspection de point de jonction

- **Introspection : inspecter de l'intérieur le point de jonction courant (méthode ou constructeur)**
- **Les informations sont accessibles via le paramètre de type MéthodInvocation de la méthode invoke et ConstructorInvocation de la méthode construct**
- **Interface JoinPoint est le type de base pour toutes les interceptions : toute interception concerne un point de jonction.**
- **On y retrouve :**
  - ➔ **La méthode proceed**
  - ➔ **La méthode getThis qui retourne l'objet applicatif dans lequel le point de jonction a été déclenché.**
  - ➔ **La méthode getStaticPart retourne l'élément du programme dans lequel le point de jonction a été déclenché (méthode ou constructeur) de type java.lang.reflect.AccessibleObject**
- **Les deux interfaces ConstructorInvocation et MethodInvocation étendent Invocation. Ces deux méthodes fournissent une méthode pour retourner respectivement le constructeur et la méthode correspondant au point de jonction.**

BTD/MAI/POA

58

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Exemple d'introspection

```
package aop.jac;
import
        org.aopalliance.intercept.ConstructorInvocation;
import org.aopalliance.intercept.MethodInvocation;
import org.objectweb.jac.core.AspectComponent;
import org.objectweb.jac.core.Wrapper;
/** Dans l'application Gestion de commandes,
 * ce wrapper affiche les messages de trace.
*/
public class TraceWrapper2 extends Wrapper {
    public TraceWrapper2(AspectComponent ac) {
        super(ac);
    }
    /** Interception des executions de constructeurs.
     */
    public Object construct(ConstructorInvocation ci)
        throws Throwable {
        return proceed(ci);
    }
    /** Interception des executions de methodes.
     */
    public Object invoke(MethodInvocation mi) throws
        Throwable {
        System.out.println("-> Avant
          "+mi.getMethod().getName());
        Object ret = proceed(mi);
        System.out.println("-> Apres
          "+mi.getMethod().getName());
        return ret;
    }
}
```

- **Avant chaque exécution d'une méthode de la coupe, ce wrapper affiche le nom de la méthode exécutée, les paramètres de la méthode et la référence de l'appelé.**

Trace obtenue :

-> Début méthode addItem
-> 2 paramètre(s) DVD 1
-> vers aop.jac.Order@6963d0
1 article(s) DVD ajouté (s) à la commande
<- Fin méthode addItm
->Début méthode addItem
-> 2 paramètre(s) CD 2
-> vers aop.jac.Order@6963d0
2 article(s) CD ajouté(s) à la commande
<- Fin méthode addItem
Montant de la commande : 50.0 euros

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

La chaîne de wrappers

- **Plusieurs wrappers peuvent être associés à un même point de jonction.**
- **On parle alors de chaîne de wrappers.**
- **L'appel de la méthode proceed dans un wrapper provoque soit l'exécution du wrapper suivant dans la chaîne, soit l'exécution du point de jonction si la fin de la chaîne est atteinte.**

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le mécanisme de configuration

- Ce mécanisme permet de faire en sorte que les aspects JAC soient facilement réutilisables.
- Configuration des aspects
  - ➔Fichier .acc
- Groupement permet d'accélérer l'écriture des fichiers de configuration lorsque certains attributs sont fréquemment répétés.
- Configuration d'application
  - ➔Fichier .jac

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Le mécanisme d'introduction

- Ce mécanisme permet d'étendre le comportement d'une application en lui ajoutant des éléments
- Le terme renvoie au fait que l'aspect ajoute des éléments du code à l'application.
- Deux catégories d'éléments peuvent être introduits :
  - ➔Des méthodes
  - ➔Des gestionnaires d'exception

CENTRALE LYON

Bertrand DAVID : Génie Logiciel

Bibliothèque d'aspects de JAC

- **JAC fournit en standard 19 aspects**
  - ➔ **IHM – Swing et HTML**
  - ➔ **Persistance et transaction**
  - ➔ **Répartition**
  - ➔ **Seupervision**
  - ➔ **Aspects généraux : CacheAC, IntegrityAC, SynchronisationAC**