

Ingénierie Logicielle - Concepts et Outils de la modélisation et du développement de logiciel
par et pour la réutilisation.

Partie No 2 : Réutilisation des solutions et des Architectures Logicielles

*Notes de cours
Christophe Dony*

1 Introduction

- Informatique - génie logiciel

[GHJV 94] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software* Addison Wesley, 1994.

- Le livre en ligne : <http://c2.com/cgi/wiki?DesignPatternsBook>
- les schémas du livre en ligne : <http://www.oodeesign.com/>

Définition :

- Un **Schéma de conception** nomme, décrit, explique et permet d'évaluer une conception d'un système extensible et réutilisable digne d'intérêt pour un problème récurrent.

Intérêts

- vocabulaire commun (communication, documentation et maintenance, éducation)
- gain de temps (explication, réutilisation)

Les éléments d'un schéma

- Un problème (récurrent)
- Un nom
- Une solution intéressante : les éléments (diagrammes UML, code) qui traitent le problème; leurs relations, leurs rôles et leurs collaborations.
- Des analyses de la solution et ses variantes : avantages et inconvénients de l'utilisation du schéma, considérations sur l'implantation, exemples de code, utilisations connues, schémas de conception connexes, etc.

Paramétrage, Variabilité

Les schémas offrent des solutions génériques à divers problèmes récurrents, solutions utilisant les paramétrages par spécialisation et/ou par composition présentés dans la première partie de ce cours.

Ce qui varie	Schéma
Algorithmes	Strategy, Visitor
Actions	Command
Implementations	Bridge
Réponse aux changements	Observer
Interaction entre objets	Mediator
Création des objets	Factory, Prototype
Création des données	Builder
Traversal algorithm	Visitor, Iterator
Object interfaces	Adapter
Object behaviour	Decorator, State

Figure (1): Classification extraite de [GHJV 94]

1.1 Généralisation et Extension : l'ingénierie des “design patterns”

- Succès de l'idée : des schémas sur tous les sujets

Object-Oriented Reengineering Patterns Par Serge Demeyer, Stéphane Ducasse, Oscar Nierstrasz, 2002, Morgan Kaufmann, 282 pages, ISBN 1558606394

<http://c2.com/ppr/>

- Foutse Khomh. Patterns and quality of Object-oriented Software Systems. 2010.
- Guéhéneuc Yann-Gaël, Khashayar Khosravi. A Quality Model for Design Patterns. 2004.
<http://www.yann-gael.gueheneuc.net/Work/Research/PatternsBox/Introduction/>
- Carl G. Davis Jagdish Bansiya. A Hierarchical Model for Object-Oriented Design Quality Assessment. 2002.
- Yann-Gaël Guéhéneuc Hervé Albin-Amiot, Pierre Cointe. Un méta-modèle pour coupler application et détection des design patterns. 2002.
- Tu Peng Jing Dong, Yajing Zhao. Architecture and Design Pattern Discovery Techniques. 2007.
- Jakubik Jaroslav. Extension for Design Pattern Identification Using Similarity Scoring Algorithm. 2009.
- Marcel Birkner. Objected-oriented design pattern detection using static and dynamic analysis in java software. 2007.

1.2 Classification des schémas

- **Schémas créateurs** : Décrire des solutions pour la création d'objets et l'injection de dépendances,
- **Schémas structuraux** : Décrire des solutions d'organisation structurelles des données,
- **Schémas comportementaux** : Décrire diverses formes de collaboration entre objets.

2 Un exemple de schéma créateur : “Singleton”

Problème : Faire en sorte qu'une classe ne puisse avoir qu'une seule instance (ou par extension, un nombre donné d'instances).

Exemple de Singleton : La classe `PrésidentRépublique`, les classes `True` et `False` si les booléens sont des objets (*Smalltalk, Javascript, Python, ...*) .

Solution “tout langage”

```
1 public class Singleton {
2     private static Singleton INSTANCE = null;

4     /** La présence d'un constructeur privé (ou protected) supprime
5     * le constructeur public par défaut, et empêche un “new” externe.*/
6     private Singleton() {}

8     /** "synchronized" sur la méthode de création
9     * empêche toute instanciation simultanée par différents threads.
10    * Rend l'unique instance de la classe,
11    * sauvegardée dans un attribut de classe (statique) */

13    public synchronized static Singleton getInstance() {
14        if (INSTANCE == null)
15            INSTANCE = new Singleton();
16        return INSTANCE;}
17    }
```

Listing (1): Une classe Singleton en Java.

Discussions

1. Commentaire : empêcher les instantiations par les clients : visibilité du constructeur,

```
1 private Singleton() {}
```

2. Commentaire : Empêcher les copies

- (Si C++) - déclarer sans le définir le constructeur par copie)

```
1 Singleton (const Singleton&) ;
```

- (Si Java) - ne pas implanter l'interface Cloneable.

3. Alternative : (si C++) surcharger *new* ,

```
1 class iSingleton{
2     static iSingleton *INSTANCE;
3     public:
4         iSingleton() {
5             INSTANCE=this;
6         }
7
8         void *operator new(size_t s) {
9             if(INSTANCE != NULL)
10                 return INSTANCE;
11             else
12                 return malloc(s);
13 }
```

Listing (2): Surcharge de l'opérateur new en C++.

4. Alternative : si $\exists$ métaclasse **Class** et si **new** est une méthode (exemples : *Pharo*, *Smalltalk*, *Python*, *Ruby*, ...), Redéfinir **new** sur chaque classe de classe Singleton :

```
1 class Singleton class
2     new
3         (INSTANCE isNil) ifTrue: [INSTANCE := super new].
4         return (INSTANCE)
```

Listing (3): Singleton, via une redéfinition de la méthode **new**. *INSTANCE* est toujours un attribut de classe (static)

5. Alternative : si le langage permet de définir de nouvelles métaclasses (exemple : *Common-Lisp*), Définir une méta-classe **Singleton-Class**, instance et une sous-classe de **Standard-class**.

```
1 (defclass singleton-class (standard-class)
2     ((UNIQUE-INSTANCE :accessor GET-INSTANCE :initform nil))
3     (:metaclass standard-class))
```

Listing (4): Singleton, via une nouvelle méta-classe **Singleton-class**, la classe des classes qui ne peuvent avoir qu'une seule instance. Elle possède un attribut de méta-classe **Unique-Instance**. Version *Common-Lisp*

```
1 (defmethod make-instance ((newC singleton-class) &rest args)
2     (or (GET-INSTANCE newC)
3         (let ((newI (call-next-method)))
```

```

4      (setf (get-instance newC) newI)
5      newI)))

```

Listing (5): Spécialisation de l’instantiation sur singleton-class, (call-next-method’) réalise l’appel de la méthode masquée par la redéfinition (envoi de message à **super**).

- Exemple : Utilisation du schéma **Singleton** pour les classes **True** et **False**, possible discussion sur l’implantation des structures de contrôle dans le monde objet et l’intérêt des fermetures lexicales.

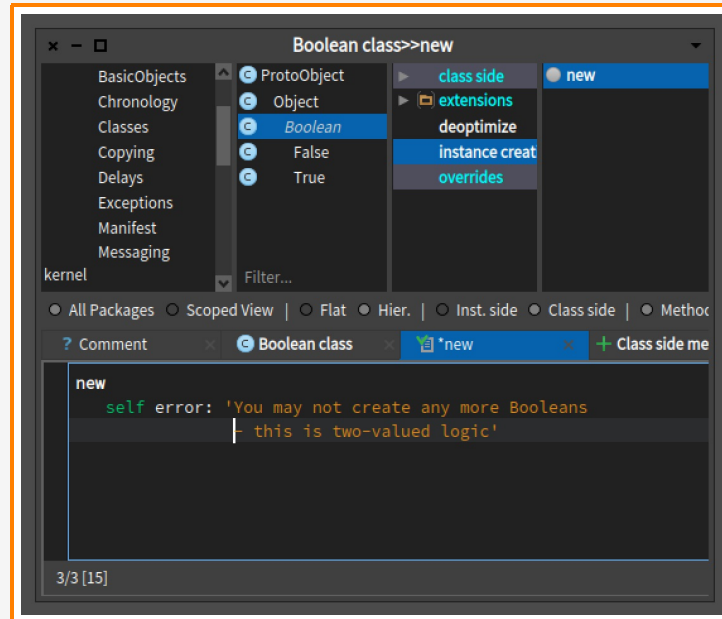


Figure (2): Pharo-Smalltalk, Redéfinition de la méthode **new** sur **Boolean** class

3 Un exemple de schéma structurel : “Decorateur” ou “Wrapper”

3.1 Problème

Ajouter dynamiquement une fonctionnalité à un objet (individuel), sans modifier ni sa classe, ni donc les autres instances de sa classe.

Application possible : Ajouter des décorations (“barre de scroll”, “bordure”) à un objet graphique (Figure 3).

3.2 Exemple Type : décoration d'une "textView"

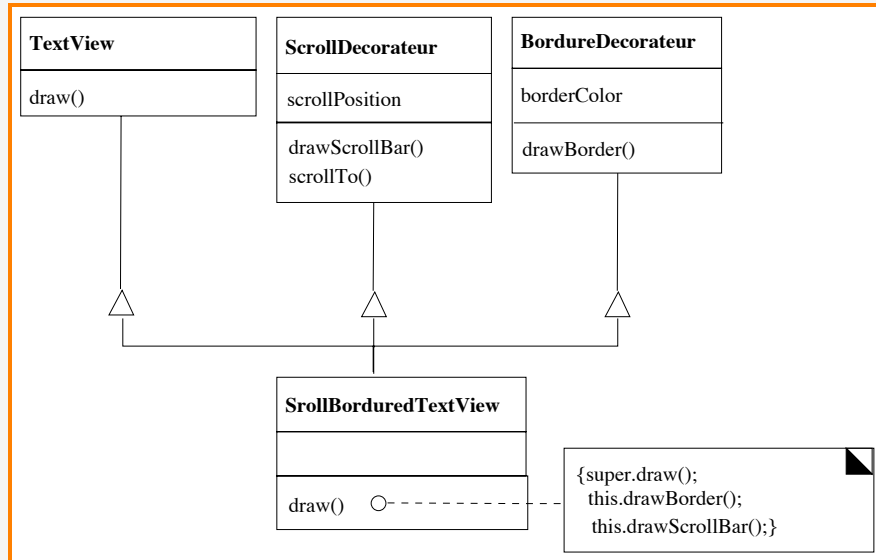


Figure (3): Décoration d'une textview, solution universelle avec héritage multiple. Limitations: a) statique b) autant de sous-classes que de combinaisons potentielles de décorations.

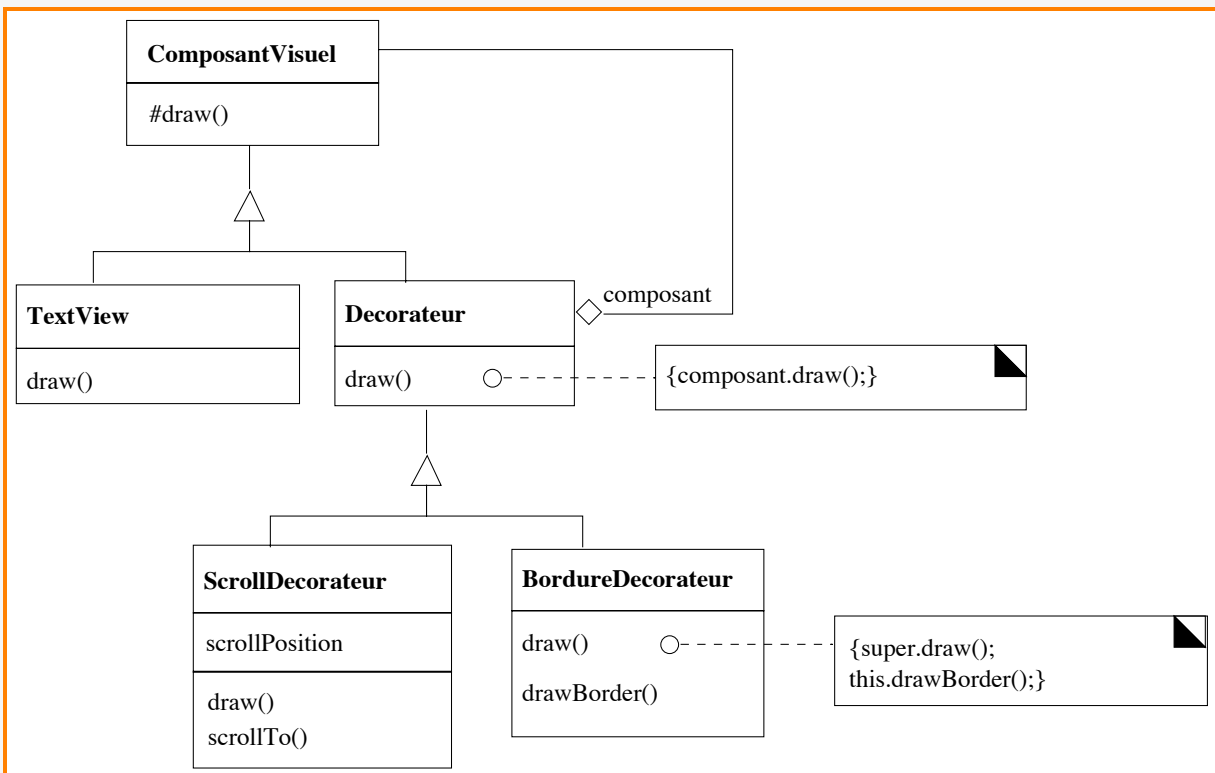


Figure (4): Décoration d'une Textview : solution avec le schéma "Decorateur"

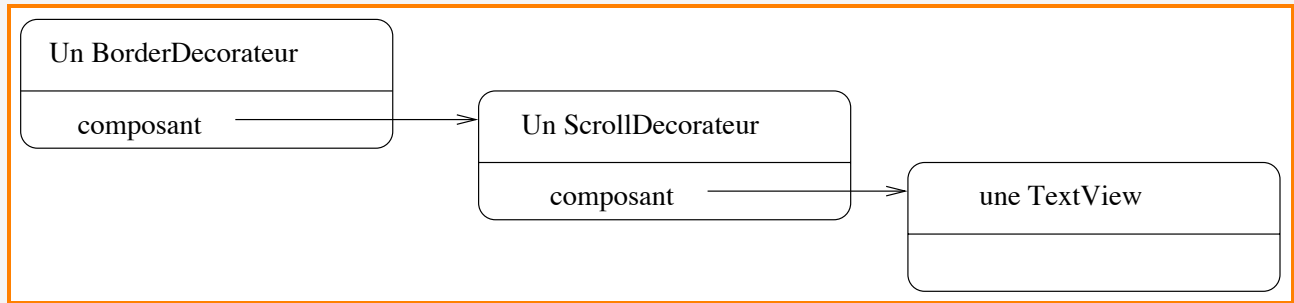


Figure (5): Objets représentant une TextView décorée selon le schéma “Decorateur”.

3.3 Principe Général de la solution (figure 6)

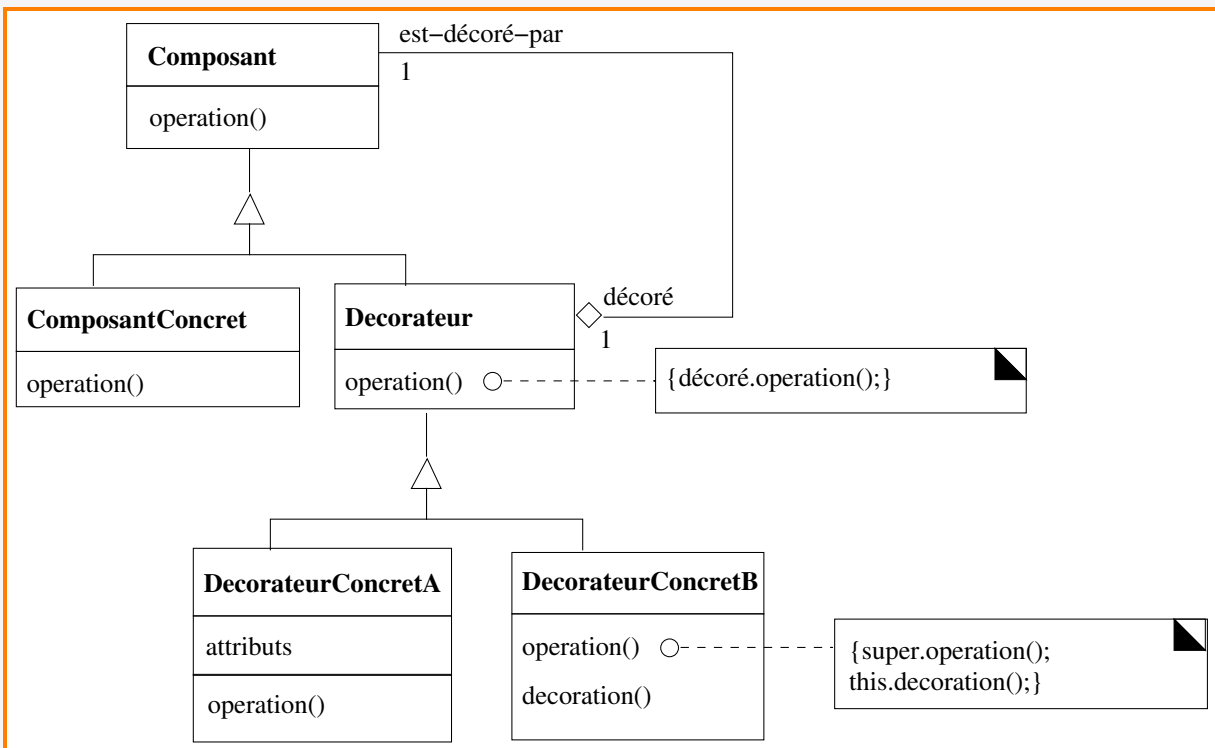


Figure (6): **Compositant** : objet métier quelconque à décorer, exemple : textView. **Décorateur** : objet décorant (donc ajoutant des fonctionnalités) à un objet métier, exemple : scrollDecorator).

3.4 Une mise en oeuvre concrète

Une implantation de “décorateur” sur un exemple jouet de composants graphiques (classe Compositant).

```

1 public abstract class Compositant {
2     abstract public void draw();
3 }
4
5 public class VueTexte extends Compositant{
6     public void draw() { ... } //affiche un texte
7 }
  
```

```

1 public class Decorateur extends Composant {
2     Composant décoré;

4     public Decorateur(Composant c){
5         //injection de dépendance
6         //affectation polymorphique
7         décoré = c;}

9     public void draw(){
10        //redirection de message
11        décoré.draw();} //''dispatch 2, sélection selon le composant décoré''
12 }

```

```

1 public class BorderDecorator extends Decorateur {
2     // ajoute une bordure à un composant graphique

4     float largeur; //largeur de la bordure

6     public BorderDecorator(Composant c, float l) {
7         super(c);
8         largeur = l; }

10    public void draw(){
11        super.draw();
12        this.drawBorder(); }

14    public void drawBorder() {
15        // dessin de la bordure
16        ... }
17 }

```

```

1 class Application {
2     public static void main(String[] args){
3         Composant c = new VueTexte(''Hello'');
4         //ajouter une décoration
5         c = new BorderDecorator(c, 2.5);
6         c.draw(); //dispatch 1, sélection selon la décoration

```

Application - Les *streams* en Java.

(<http://stackoverflow.com/questions/6366385/decorator-pattern-for-io>)

InputStream is an abstract class. Most concrete implementations like *BufferedInputStream*, *GzipInputStream*, *ObjectInputStream*, etc. have a constructor that takes an instance of the same abstract class (or interface). That's the recognition key of the decorator pattern ... Let's say that we have a bunch of serialized Java objects in a Gzipped file and that we want to read them quickly.

```

1 //First open an inputstream of it:
2 FileInputStream fis = new FileInputStream("/objects.gz");

4 //We want speed, so let's buffer it in memory:
5 BufferedInputStream bis = new BufferedInputStream(fis);

7 //The file is gzipped, so we need to ungzip it:
8 GzipInputStream gis = new GzipInputStream(bis);

```

```

10 //We need to unserialize those Java objects:
11 ObjectInputStream ois = new ObjectInputStream(gis);

13 //Now we can finally use it:
14 SomeObject someObject = (SomeObject) ois.readObject();

```

3.5 Discussions

1. Peut-on réaliser un décorateur en *Javascript* avec le lien `__proto__` : oui, l'héritage entre objets.

```

1  obj1 = { method1() { return("method 1"); } };

3  c = obj1; c.method1(); //method 1'

5  decorateur1 = {
6      method1() { return ( super.method1() + this.decore1() ); },
7      decore1() { return " décorée"; } };

9  c = Object.setPrototypeOf(decorateur1, c);
10 c.method1(); //method 1 décorée'

12 decorateur2 = {
13     method1() { return ( super.method1() + this.decore2() ); },
14     decore2() { return " et encore décorée"; } };

16 c = Object.setPrototypeOf(decorateur2, c);
17 c.method1(); //method 1 décorée et encore décorée'

```

Propriétés de cet héritage : héritage de valeurs pour les méthodes et pour les attributs. En lecture. Et en écriture ?

```

1  var personne1 = {
2      prenom:"Jean",
3      nom:"Dupont",
4      getPrenom:function(){return this.prenom},
5      getNom:function(){return this.nom},
6      setNom:function(n){this.nom=n},
7  };

9  var personne2 = {
10     __proto__: personne1, //lien proto induisant un héritage entre objets
11     prenom: "Paul",
12  };

14 personne1.getPrenom(); // Jean
15 personne2.getPrenom(); // Paul ... héritage de getPrenom() et liaison dynamique
16 personne2.setNom("Martin");
17 personne2.getNom(); // Martin
18 personne1.getNom(); // ???

```

2. Problème : nécessité pour un décorateur d'hériter de la classe abstraite `Composant` et donc de redéfinir toutes les méthodes publiques pour réaliser une redirection de message.
3. Problème : poids des objets : il est recommandé de ne pas définir (trop) d'attributs dans la classe abstraite `composant` afin que les décorateurs restent des objets "légers".

Une solution à ce problème est de modifier le pattern en remplaçant la classe abstraite `Composant` par une interface, et donc le lien *sous-classe-de* entre `Décorateur` et `Composant` par un lien *implémente*.

4. Problème : incompatibilité potentielle de différentes décorations.

5. Problème : L'ordre d'ajout des décorations est significatif.
6. commentaire : un décorateur peut être vu comme un composite avec un seul composant, mais le décorateur a des fonctionnalités propres que n'a pas son composant ...

3.6 Double liaison (double dispatch) : appeler la bonne méthode en présence de multiples affectations polymorphiques

separation of responsibility for type-specific logic

Le schéma “décorateur” permet que les décorations et les objets décorés soient de différentes sortes.

Si l'on garde l'exemple utilisé en section 3, il faut invoquer la méthode *draw()* du bon décorateur puis celle du bon décoré.

L'envoi de message réalise une sélection de méthode selon le type dynamique du receveur, mais pas selon le type dynamique des autres paramètres (sauf en *Common-Lisp-Object-System*).

Le schéma “double-dispatch” stipule qu'il est nécessaire dans une application d'avoir un envoi de message pour chaque type statique utilisé.

Exemple : différents décorateurs sur différentes sortes de *textView*.

4 Un exemple de schéma structurel : Adapteur

Problème

Intégrer dans une application client une instance d'une classe existante dont l'interface ne correspond pas à la façon dont le client doit l'utiliser.

Fait intervenir les Participants suivants :

Cible : objet définissant le protocole commun à tous les objets manipulés par le client, (dans l'exemple : *shape*)

Client : objet utilisant les cibles (l'éditeur de dessins)

Adapté : l'objet que l'on souhaite intégrer à l'application

Adapteur : objet réalisant l'intégration.

4.1 Application Typique

Intégrer dans une application en cours de réalisation une instance d'une classe définie par ailleurs (cf. fig. 7).

Soit à réaliser un éditeur de dessins (le client) utilisant des objets graphiques (les cibles) qui peuvent être des lignes, cercles, quadrilatères mais aussi des textes.

On pose comme contrainte de réutiliser une instance (l'objet à adapter) d'une classe `textView` définie par ailleurs.

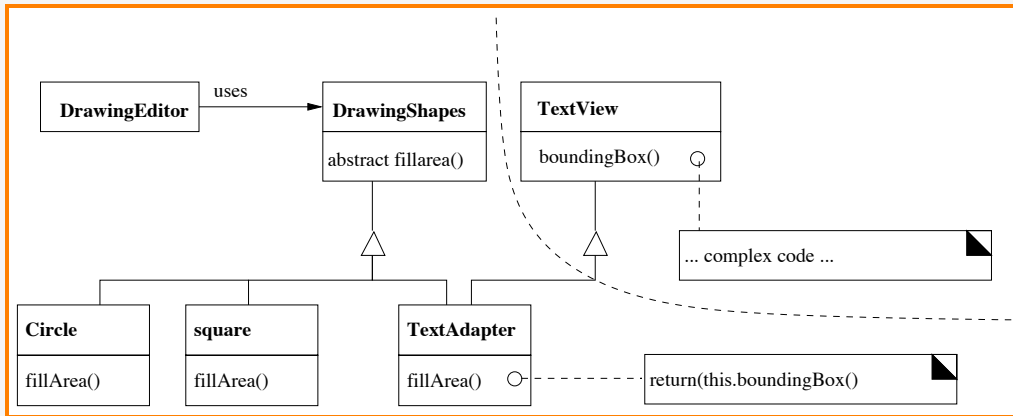


Figure (7): Exemple d'adaptation par spécialisation

4.2 Principe général de la solution : figures 8 et 9

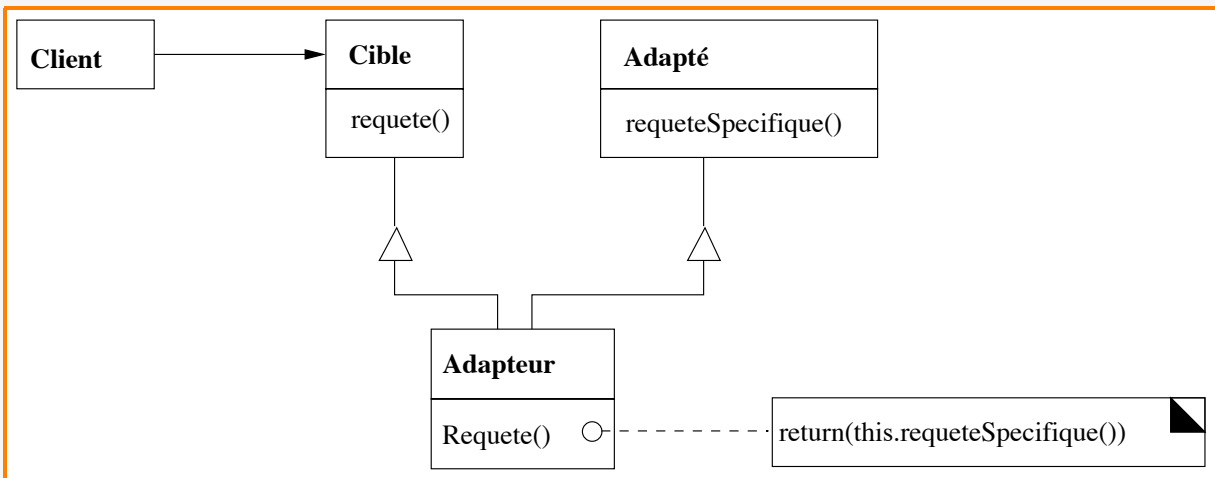


Figure (8): Adaptateur réalisé par spécialisation

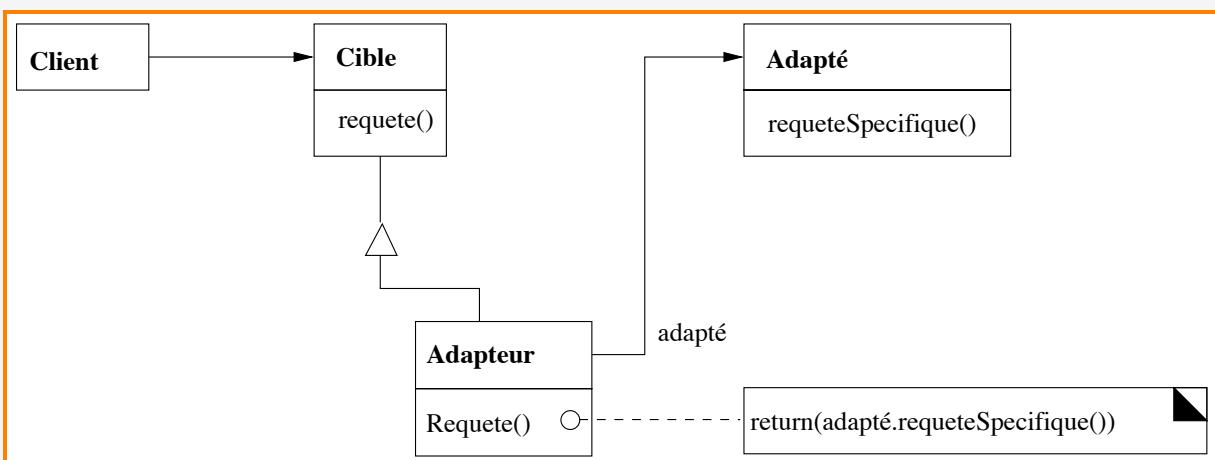


Figure (9): Adaptateur réalisé par composition

4.3 Discussion

1. Application à la connexion non anticipée de composants. Voir cours “cbeans.pdf”.

Exemple, intégrer un compteur (unCompteur instance de Compteur définie dans une bibliothèque) dans une application graphique existante.

Problème : la classe Compteur n’implante pas l’interface MouseListener.

```
1 JButton.addMouseListener(new java.awt.event.MouseAdapter() {  
2     public void mouseClicked(java.awt.event.MouseEvent evt) {  
3         unCompteur.incr();  
4     }  
5 });
```

Listing (6): Solution Java : adaptation d’un objet externe via une classe anonyme dotée d’une méthode conforme au client, réalisant la redirection de message

2. Mise en évidence du problème posé par la **redirection de message** ici liée à l’utilisation de la composition en palliatif de l’héritage multiple :
 - Nécessité de redéfinir sur l’adaptateur toutes les méthodes publiques de l’adapté.
 - Redirection de message : perte du receveur initial (cf. fig. 10). initial du message est perdu, ceci rend certains schémas de réutilisation difficiles à appliquer.

4.4 Discussion sur redirection et perte du receveur

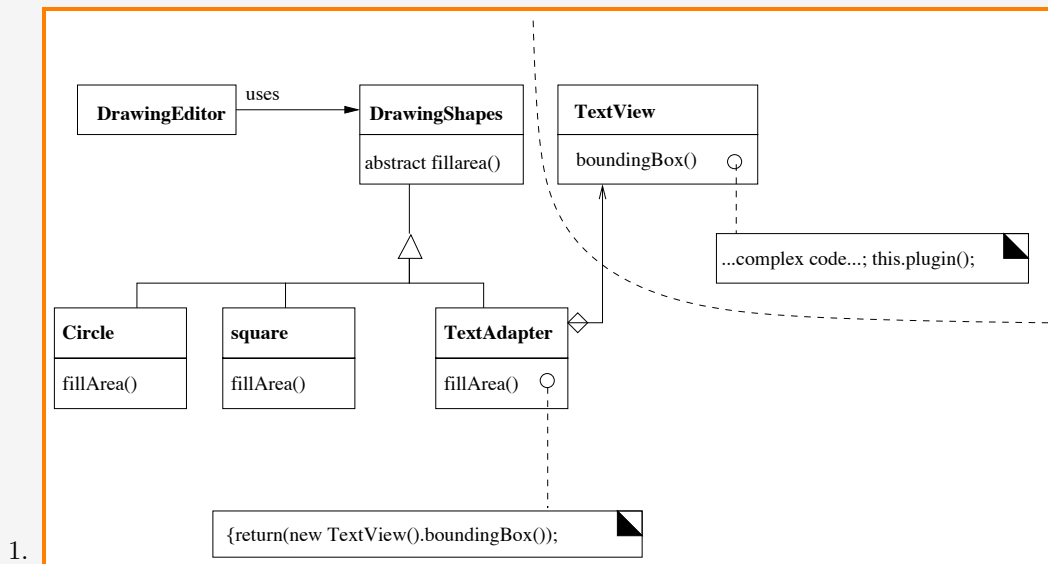


Figure (10): Adaptation par composition dans l’exemple de l’éditeur de dessin; receveur initial perdu dans la méthode `boundingBox()`. Ceci rend en l’état impossible la prise en compte d’une spécialisation dans l’application de la méthode `plugin` de la classe adaptée **TextView**. La figure 11 propose un schéma global de solution à ce problème.

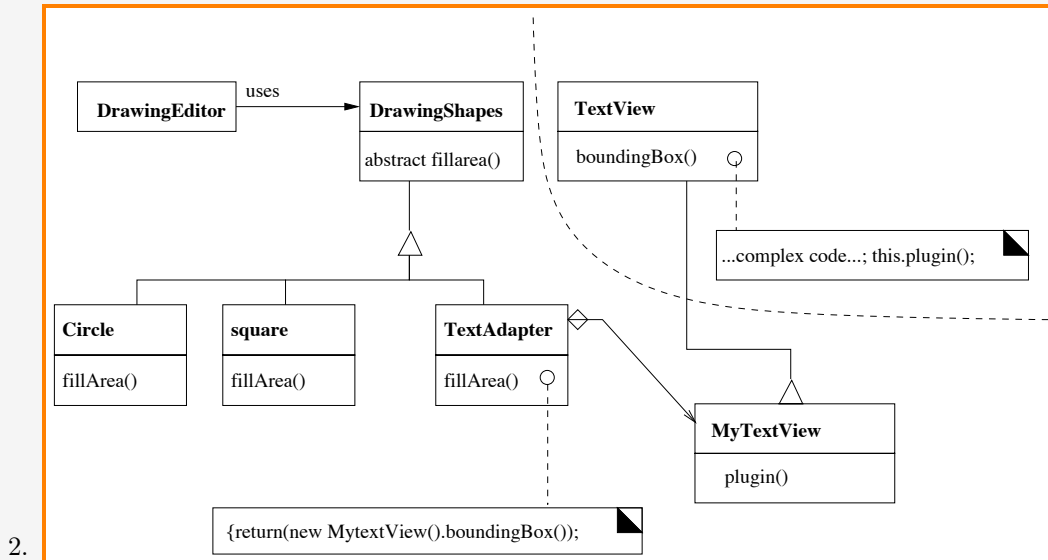


Figure (11): Adaptation par composition et solution partielle au problème de perte du receveur initial.

3. Généralisation : Adapter, Proxy, State

La “redirection de message” et la “perte du receveur initial” associée apparaissent dans de nombreux schémas utilisant la composition ...

dont ... dont *Adapter*, *Proxy*, *State* .

Proxy versus Adapter :

Un *Adapter* adapte l'interface (de l'adapté) , en préservant le comportement.

Un *Proxy* modifie (ou simplifie) le comportement (de l'adapté) tout en préservant l'interface. (exemple, le talon côté client en programmation distribuée).

4. Etude (pour ne pas confondre avec le précédent) de la perte du receveur initial en héritage+liaison statique.

On teste ici l'héritage en liaison statique nommé (“embarquement de type” (**embedded type** du langage **GO**. On obtiendrait le même comportement avec des méthodes non virtuelles en **C++**.

```

1 package main
2
3 type Widget struct {
4     X, Y int
5 }
6 type Label struct {
7     Widget // Embarquement de type (sorte d'héritage matérialisé par un attribut sans
8           // nom)
9     Text string // Composition
10 }
11 func (l Label) KindOf() string{
12     return "Label"}
13
14 func (l Label) Paint() {
15     fmt.Printf("un %q : %q %d %d \n", l.KindOf(), l.Text, l.X, l.Y)}

```

Listing (7): Go - Embarquement de type.

(Adapted

from <http://www.drdobbs.com/open-source/go-introduction-how-go-handles-objects/240005949>)

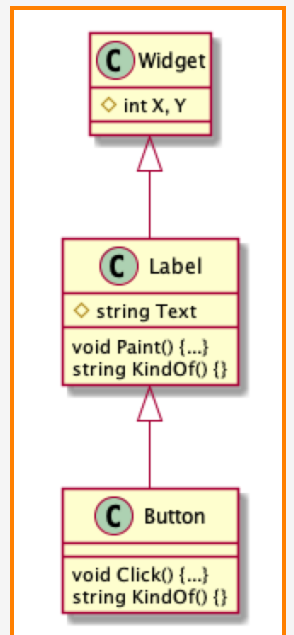


Figure (12)

```

1 type Button struct {
2     Label // Embarquement (héritage matérialisé par un attribut sans nom)
3 }
4 func (b Button) Click() {
5     fmt.Printf("%p:Button.Click\n", &b) }
6 func (b Button) KindOf() string {
7     return "Button" }
8
9 func main() {
10     label := Label{Widget{10, 10}, "Joe"}
11     label.Paint() //un "Label" : "Joe" 10 10
12
13     button1 := Button{Label{Widget{10, 70}, "Bill"}}
14     button1.Click() //ok, fonctionne
15
16     button1.Paint() //un "Label" : "Bill" 10 70
17     //... appel de la méthode "héritée" Paint, mais en liaison statique
18     //... donc appel de KindOf de Label et pas de kindOf de Button
19     // ... équivalent à perte du receveur initial
20
21     button1.Label.Paint() //un "Label" : "Bill" 10 70
22     //... la preuve, on obtient le même résultat en envoyant le message au label

```

Listing (8): Point clé : appeler “button1.Paint” donne le même résultat que “button1.Label.Paint()” ... le receveur passé à la méthode Paint est le Label, pas le Button

5 Bridge : Séparation des interfaces et des implantations

5.1 Problème et Principe

Problème : Découpler une hiérarchie de concept des hiérarchies réalisant ses différentes implantations.

Principe (cf. fig. 13) : Bridge utilise l’adaptation par composition pour séparer une hiérarchie de concepts de différentes hiérarchies représentant différentes implantations de ces concepts.

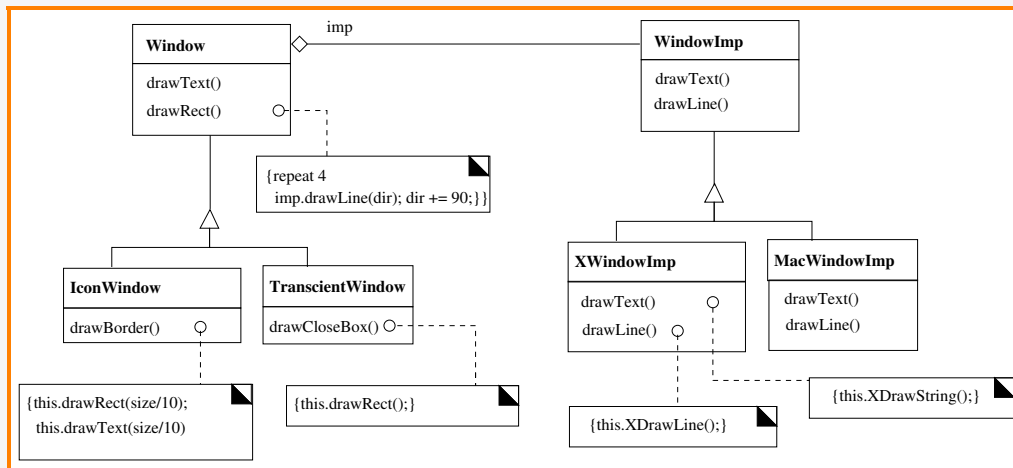


Figure (13): Exemple d’application du schéma “Bridge”

5.2 Discussion

- Implantation : Qui décide des types de classes d’implantation créer? Constructeur avec argument (lien à faire avec l’utilisation d’un framework paramétré par composition). Test dynamique selon critère. Délégation du choix à un objet externe, lien avec une fabrique (schéma *Factory*).

- **Bridge** évite la création de hiérarchies multi-critères mêlant les classes conceptuelles et les classes d'implémentation.
- Les concepts et les implantations sont extensibles par spécialisation de façon indépendantes.
- Les clients sont indépendants de l'implantation (Il est possible de changer une implantation (recompilation) sans que les clients n'en soient affectés).
- L'idée liée à celle d'interface (à la *Java*), alternative autorisant la définition de méthodes dans la hiérarchies des concept.

6 Schéma comportemental : “State”

6.1 Problème et Principe

Le schéma “State” propose une architecture permettant à un objet de changer de comportement quand son état interne change (cf. fig. 14).

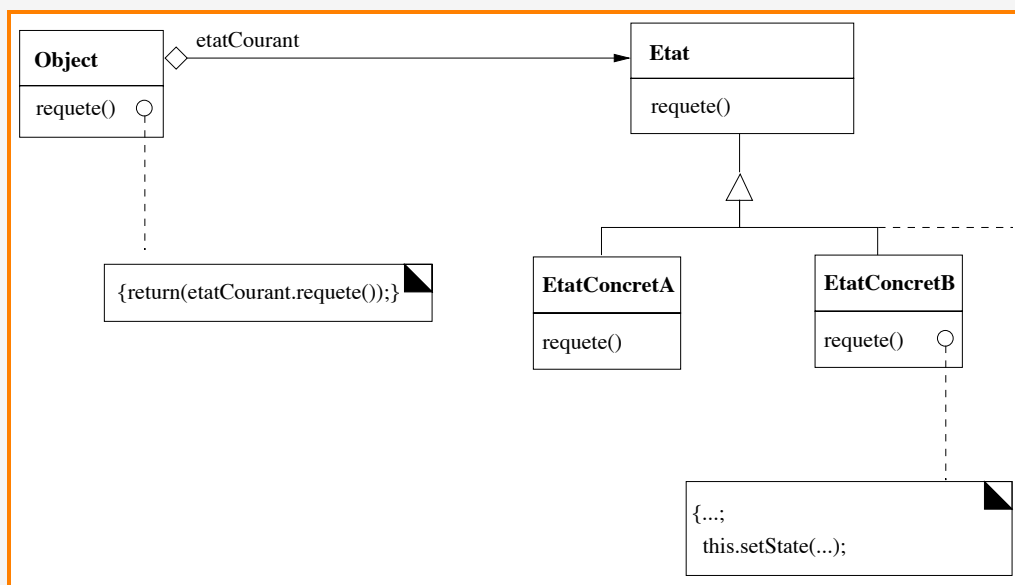


Figure (14): Principe général du schéma “State”

6.2 Exemple d'application : implantation d'une calculatrice

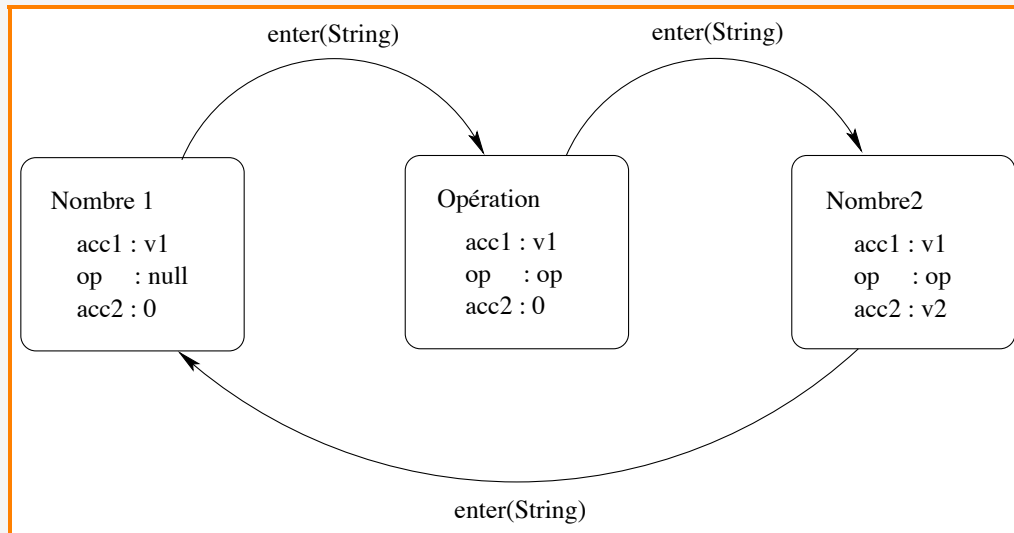


Figure (15): Les différents états et transitions d'une "calculatrice" basique

Gestion des états

```
1 public class Calculette {
2     protected EtatCalculette etatCourant;
3     protected EtatCalculette[] etats = new EtatCalculette[3];
4     double accumulateur;
5     String operateur;
6
7     public Calculette(){
8         etats[0] = new ENombre1(this);
9         etats[1] = new EOperateur(this);
10        etats[2] = new ENombre2(this);
11        etatCourant = etats[0];
12        accumulateur = 0; }
13
14    // accesseurs lecture/écriture pour "accumulateur" et pour "operateur"
15
16    //obtention du résultat
17    public double getResult() { return accumulateur; }
```

Distribution des calculs

```
1 public class Calculette {
2     ....
3
4     public void enter(String s) throws CalculetteException{
5         //toute requête est redirigée vers l'état courant
6         //qui, dans cette implantation, décide quel est l'état suivant. Ce n'est pas une règle générale.
7         etatCourant = etats[ etatCourant.enter(s) - 1]; }
```

Les états sont invisibles aux clients

```
1 public static void main(String[] args){
2     Calculette c = new Calculette();
3     c.enter("123"); //etat 1 : stocke le nombre 123 dans accumulateur
4     c.enter("plus"); //etat 2 : stocke l'opération à effectuer dans un registre
5     c.enter("234"); //etat 3 : stocke le résultat de l'opération dans accumulateur
6     System.out.println(c.getResult());}
```

Classe abstraite de factorisation

```
1 abstract class EtatCalculette {
2     static protected enum operations {plus, moins, mult, div};
3     abstract int enter(String s) throws CalculetteException;
4     Calculette calc;
5
6     EtatCalculette(Calculette c){ calc = c; }
7 }
```

Calculette dans état initial, dans l'attente de l'entrée d'un premier opérande

```
1 public class ENombre1 extends EtatCalculette{
2
3     ENombre1(Calculette c) { super(c); }
4
5     public int enter(String s) throws CalculetteException {
6         try{calc.setAccumulateur(Float.parseFloat(s));}
7         catch (NumberFormatException e)
8             {throw new CalculetteNumberException(s);}
9         //l'état suivant est le 2 (entrée opérateur)
10        return(2);} }
```

Calculette dans l'attente de saisie de l'opération à effectuer

(une gestion des exception plus fine serait nécessaire) :

```
1 public class EOperateur extends EtatCalculette{
2     EOperateur(Calculette c){ super(c); }
3     public int enter(String s) throws CalculetteException {
4         calc.setOp(s);
5         return(3);} }
```

Calculette dans l'attente de saisie d'un second opérande

L'application de l'opération aux opérandes peut y être réalisée :

```
1 public class ENombre2 extends EtatCalculette {
2     ENombre2(Calculette c){super(c);}
3
4     int enter(String s) throws CalculetteException {
```

```

5 float temp = 0;
6 try {temp = Float.parseFloat(s);}
7 catch (NumberFormatException e) {
8     throw new CalculetteNumberException(s);}
9
10 switch (operations.valueOf(calc.getOp())) {
11 case plus: calc.setAccumulateur(calc.getAccumulateur() + temp); break;
12 case mult: calc.setAccumulateur(calc.getAccumulateur() * temp); break;
13 default:
14     throw new CalculetteUnknownOperator(calc.getOp());}
15 return (1);}}

```

6.3 Discussion

1. Implémentation : comment représenter l'état courant?
2. Ce schéma rend explicite dans le code les changements d'état des objets : applications pour la sécurité (contrôle du bon état interne des objets) et la réutilisation (exercice : passer d'une calculette infixée à une postfixée).
3. Evolution des Langages : constructions prenant en compte la catégorisation selon l'état (exemple : la définition par sélection de Lore).

```

1 [Majeur isa select
2   from Person //ensemble réel de référence
3   such-that [[self age] >= 18] //prédicat de sélection
4   with (slot droit-vote init-value true)]

```

4. Evolution des Langages : constructions pour le changement de classe.

- *Smalltalk* : primitive `Class>>adoptInstance`: *changes the class of an object, and thus its behavior.*

```

1 Object subclass: #Personne
2   instanceVariableNames: 'nom age'
3
4 Personne subclass: #Majeur
5   instanceVariableNames: ''
6
7 Personne subclass: #Mineur
8   instanceVariableNames: ''
9
10 !Personne methodsFor: 'accessing'!
11 age
12     ^age!!
13
14 vieillir
15     age := age + 1.
16     (age = 18) ifTrue: [ Majeur adoptInstance: self ]!

```

Listing (9): Application de AdoptInstance

- *Smalltalk* : programmer la calculette avec `Class>>adoptInstance`:

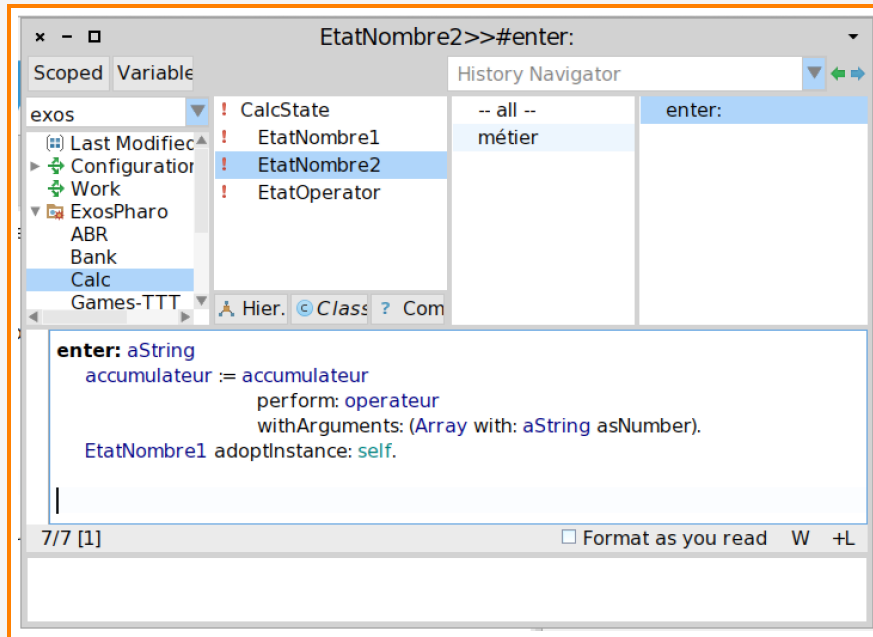


Figure (16): Une implantation du schéma “State”, utilisant la possibilité pour une instance de changer dynamiquement de classe.

- Apparté : application du changement dynamique de classe ; le cas de la mise au point de programmes à exécution continue (*Dynamic Software Update*)

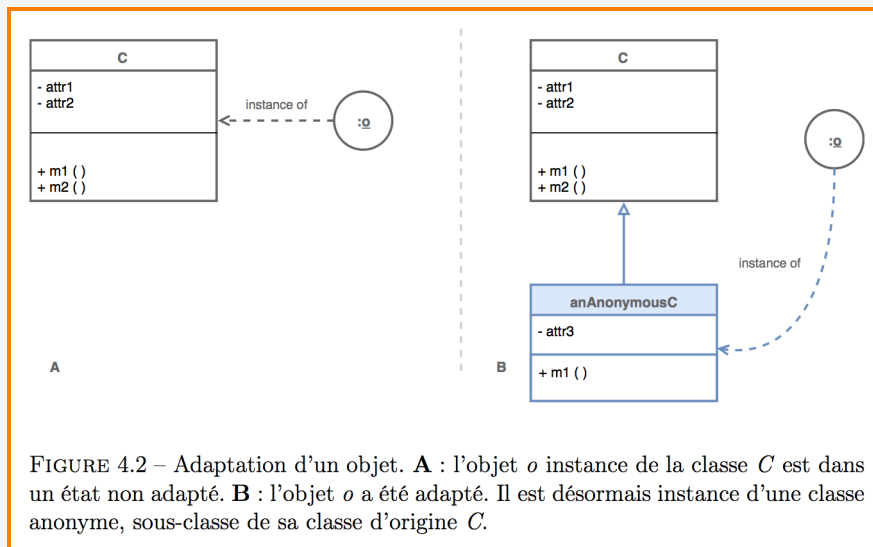


Figure (17): Adaptation non-anticipée de comportement : application au déverminage de programmes en cours d’exécution - thèse Steven Costiou.

- *Objective-C* (implantation de MacOS et de IOS) : primitive `object_setClass`

5. Evolution des Langages : utiliser la délégation pour représenter des points de vues.

Passer d’un état à un autre, c’est aussi changer de point de vue : comment représenter différents points de vues **sur le même objet**, de façon à ce que le même message soit traité différemment selon l’état courant de l’objet.

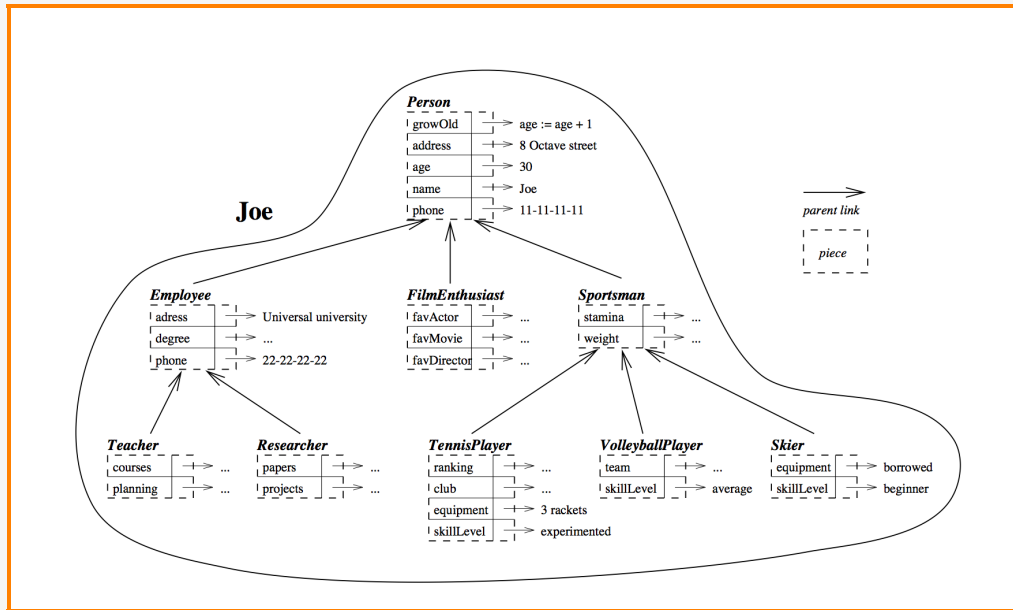


Figure (18): Partage de valeur entre objets en programmation par prototypes, application aux points de vues.
- Daniel Bardou and Christophe Dony. Split Objects: a Disciplined Use of Delegation within Objects. October 1996.

7 Généralisation, Spécialisation

L'utilisation des schémas de conception s'est généralisée, comme en témoigne par exemple la bibliothèque en ligne "Portland Pattern Repository" ().

Les langages de schémas (ensemble de schémas traitant d'une question globale et faisant référence les uns aux autres) se sont spécialisés :

- *reengineering patterns*
- *Architectural pattern in computer science*
- *Interaction patterns*
- *..*

et encore plus spécifiquement :

- *exception handling patterns*
- *user interface patterns,*
- *..*