Approches Objet de la Programmation

∼ Étude de Cas : les Méthodes Binaires ∽

Didier Verna

EPITA / LRDE

didier@lrde.epita.fr

lrde/~didier

@didierverna

didier.verna

in/didierverna

Plan

Introduction

Un Non-Problème
- Types, Classes, Héritage
- Corollaire : Combinaisons de Méthodes

Validation du Concept – Niveau Utilisateur
- Introspection
- Une Méta-Classe de Fonctions Binaires

Validation du Concept – Niveau Programmeur
- Implémentation Non-Contractuelle
- Implémentation Manquante

Conclusion

Plan

Introduction

Un Non-Problème

Validation du Concept – Niveau Utilisateur

Validation du Concept – Niveau Programmeur

Conclusion

Introduction

- **Opération Binaire :** 2 arguments de même type
  Opérations arithmétiques, relations d'ordre $(=, +, >$ *etc.*$)$
- **Programmation OO :** 2 objets de même classe
  Tirer parti du polymorphisme
- D'où le terme de « méthode binaire »
- **[Bruce et al., 1995] :**
  - Concept problématique dans l'approche objet traditionnelle
  - Relation classe / type dans un contexte d'héritage

Plan

Introduction

Un Non-Problème
- Types, Classes, Héritage
- Corollaire : Combinaisons de Méthodes

Validation du Concept – Niveau Utilisateur

Validation du Concept – Niveau Programmeur

Conclusion

Contexte

La Hiérarchie `Point`

Point
x : int y : int
+equal (p : Point) : Bool

ColorPoint
color : String
+equal (cp : ColorPoint) : Bool

C++ : Tentative #1

```
class Point
{
  int x, y;

  bool equal (Point& p)
  { return x == p.x && y == p.y; }
};

class ColorPoint : public Point
{
  std::string color;

  bool equal (ColorPoint& cp)
  { return color == cp.color && Point::equal (cp); }
};
```

C++ : Tentative #1

Échec

```
int main (int argc, char *argv[])
{
  Point& p1 = * new ColorPoint (1, 2, "red");
  Point& p2 = * new ColorPoint (1, 2, "green");

  std::cout << p1.equal (p2) << std::endl;
  // => True. #### Wrong !
}
```

- `ColorPoint::equal` *masque* `Point::equal` (statiquement)
- Seule `Point::equal` est vue depuis la classe de base
- On a besoin de la version exacte

C++ : Tentative #2

```
class Point
{
  int x, y;

  virtual bool equal (Point& p)
  { return x == p.x && y == p.y; }
};

class ColorPoint : public Point
{
  std::string color;

  virtual bool equal (ColorPoint& cp)
  { return color == cp.color && Point::equal (cp); }
};
```

C++ : Tentative #2

Un ColorPoint

Un Point

Échec

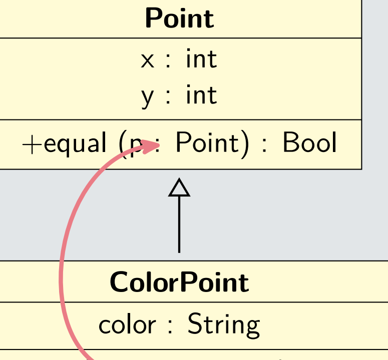
```
bool foo (Point& p1, Point& p2)
{
  return p1.equal (p2);
}
```

ColorPoint::equal attends un ColorPoint...

...mais n'obtient qu'un Point !

Contexte

La Hiérarchie Point



Rappels : Covariance / Contravariance

```
virtual bool equal (Point& p);
virtual bool equal (ColorPoint& cp);
```

- **Règle Théorique :**
  - *contravariance* sur les arguments
  - *covariance* sur les valeurs de retour
- **En Pratique :**
  - *invariance* sur les arguments
  - Ambiguïtés dues à la surcharge
- **Remarque :**
  - Eiffel autorise la covariance sur les arguments
  - Erreurs potentielles à l'exécution
- **Analyse :** [Castagna, 1995]
  - Manque d'expressivité
    sous-typage (par sous-classage) $\neq$ *spécialisation*
  - Défaut du modèle object classique
    Absence des multi-méthodes

CLOS : Tentative #1

```lisp
(defgeneric point= (a b))

(defclass point ()
  ((x :initarg :x :reader point-x)
   (y :initarg :y :reader point-y)))

(defmethod point= ((a point) (b point))
  (and (= (point-x a) (point-x b))
       (= (point-y a) (point-y b))))

(defclass color-point (point)
  ((color :initarg :color :reader point-color)))

(defmethod point= ((a color-point) (b color-point))
  (and (string= (point-color a) (point-color b))
       (call-next-method)))
```

CLOS : Tentative #1

Succès

```
(let ((p1 (make-point :x 1 :y 2))
      (p2 (make-point :x 1 :y 2))
      (cp1 (make-color-point :x 1 :y 2 :color "red"))
      (cp2 (make-color-point :x 1 :y 2 :color "green")))
  (values (point= p1 p2)
          (point= cp1 cp2)))
;; => (T NIL)
```

- Sélection de la méthode appropriée sur les 2 arguments
  Multiple dispatch
- Syntaxe d'appel de fonction plus satisfaisant
  `p1.equal(p2)` or `p2.equal(p1)` ?
- **« Fonction binaire »**

Rappel : Combinaisons de Méthodes

- **Éviter la duplication de code :**
  - **C++ :** `Point::equal()`
  - **CLOS :** `(call-next-method)`
- **Méthodes Applicables :**
  - Toutes les méthodes compatibles avec les classes des arguments
  - Classées par spécificité décroissante
  - `call-next-method` exécute la méthode suivante dans cet ordre
- **Combinaisons de méthodes :**
  - Appeler plusieurs méthodes applicables
    Pas seulement la plus spécifique
  - Combinaisons prédéfinies : `and`, `or`, `progn` *etc.*
  - Programmable

La Combinaison and

```lisp
(defgeneric point= (a b)
  (:method-combination and))

(defmethod point= and ((a point) (b point))
  (and (= (point-x a) (point-x b))
       (= (point-y a) (point-y b))))

(defmethod point= and ((a color-point) (b color-point))
  (and (call-next-method)
       (string= (point-color a) (point-color b))))
```

- **Note :** le dispatch de CLOS est programmable

Plan

Introduction

Un Non-Problème

Validation du Concept – Niveau Utilisateur
- Introspection
- Une Méta-Classe de Fonctions Binaires

Validation du Concept – Niveau Programmeur

Conclusion

Utilisation Non Contractuelle

Succès non mérité

```
(let ((p (make-point :x 1 :y 2))
      (cp (make-color-point :x 1 :y 2 :color "red")))
  (point= p cp))
;; => T #### Wrong !
```

- `(point= <point> <point>)` est applicable
  Un `color-point` est un `point`
- Se prémunir contre une telle situation

Introspection dans CLOS

```
(assert (eq (class-of a) (class-of b)))
```

- **Quand vérifier ?**
  - Chaque méthode : duplication
  - Dernière méthode : pas efficace / pas toujours possible
  - `:before` : pas disponible hors combinaison standard
  - Nouvelle combination : pas le lieu
  - `:around` : oui mais...
- **Où vérifier ?** (meilleure question)
  - Nulle part dans le code de `point=`
  - Lié au concept de fonction binaire, pas à `point=`
- Exprimer le concept de fonction binaire lui-même
  - *Les fonctions binaires sont des fonctions génériques particulières*

Une Méta-Classe de Fonctions Binaires

- Fonctions génériques : `standard-generic-function`
- Objets-fonctions : `funcallable-standard-class`

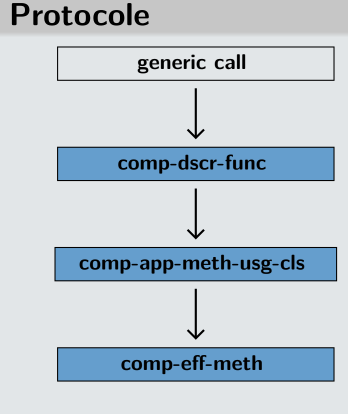
```
(defclass binary-function (standard-generic-function)
  ()
  (:metaclass funcallable-standard-class))

(defmacro defbinary (function-name lambda-list &rest options)
  `(defgeneric ,function-name ,lambda-list
    (:generic-function-class binary-function)
    ,@options))
```

- **Remarque :** le concept impose une `lambda-list` particulière...

Appels Génériques

- `compute-discriminating-function` : calcul, classement et exécution des méthodes applicables
- `compute-applicable-methods-using-classes` : calcul et classement des méthodes applicables
- `compute-effective-method` : Application des méthodes (combinées) aux arguments
- **Note :** fonctions génériques *spécialisables*

Protocole



Application aux Fonctions Binaires

```
(defmethod compute-applicable-methods-using-classes
    :before ((binary-function binary-function) classes)
  (assert (= (length classes) 2))
  (assert (apply #'eq classes)))
```

Plan

Introduction

Un Non-Problème

Validation du Concept – Niveau Utilisateur

Validation du Concept – Niveau Programmeur
- Implémentation Non-Contractuelle
- Implémentation Manquante

Conclusion

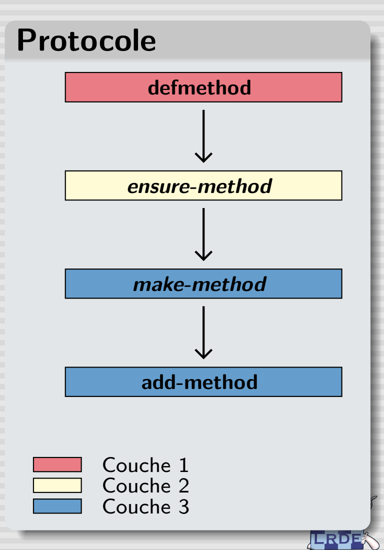
Implémentation Non-Contractuelle

```
;; #### WRONG SPEC!!
(defmethod point= ((p1 point-3d) (p2 point-2d))
  #| ... |#)
```

- Précédemment : protection contre les appels illégaux
- Question : protection contre les implémentations illégales ?

Définition de Méthodes

- `ensure-method` :
  création et ajout de la nouvelle méthode
- `make-method` :
  création du méta-objet
- `add-method` :
  mise à jour de la fonction générique
- **Note :** fonctions génériques *spécialisables*



Application aux Fonctions Binaires

```
(defmethod add-method :before ((bf binary-function) method)
  (let ((method-specializers (method-specializers method)))
    (assert (= (length method-specializers) 2))
    (assert (apply #'eq method-specializers))))
```

- method : méta-objet (Cf. standard-method)
- method-specializers : accesseur

Implémentation Manquante

- Chaque sous-classe de `point` doit spécialiser `point=`
- Vérification tardive : lors d'un appel générique
  préserver la haute dynamicité
- « Binaire-complétude » : il existe une méthode primaire applicable pour chaque classe de la hiérarchie

```
(defmethod compute-applicable-methods-using-classes
    :around ((bf binary-function) classes)
  (multiple-value-bind (methods ok) (call-next-method)
    ;; 1. Check for binary completeness on METHODS
    ;; 2. If everything goes well, simply return
    ;;    what we got from CALL-NEXT-METHOD
    (values methods ok)))
```

Mise en oeuvre

```
(loop :for class :in (class-precedence-list (car classes))
      :until (eq class (find-class 'standard-object))
      :do (assert
           (find-if
            (lambda (method)
              (let ((qualifiers (method-qualifiers method)))
                (and (equal (method-specializers method)
                            (list class class))
                     (not (member :around qualifiers))
                     (not (member :before qualifiers))
                     (not (member :after qualifiers)))))
           methods)))
```

- `class-precedence-list` : accesseur
- `method-qualifiers` : accesseur

Plan

Introduction

Un Non-Problème

Validation du Concept – Niveau Utilisateur

Validation du Concept – Niveau Programmeur

Conclusion

Conclusion

- **Méthodes binaires :** un concept très simple
  - Difficile à implémenter dans un système OO classique
  - Trivial avec des multi-méthodes
- **Grâce à CLOS :**
  - Validation de l'utilisation
  - Validation de l'implémentation
- **Grâce au MOP :**
  - Concept explicite
  - Extension du système OO de base

Plan

Bibliographie

Bibliographie

- Bruce, K. B., Cardelli, L., Castagna, G., Eifrig, J., Smith, S. F., Trifonov, V., Leavens, G. T., and Pierce, B. C. (1995)
  On Binary Methods
  Theory and Practice of Object Systems, 1(3):221–242
- Castagna, G. (1995)
  Covariance and Contravariance : Conflict Without a Cause
  ACM Transactions on Programming Languages and Systems, 17(3):431–447
- Verna, D. (2008)
  Binary Methods Programming : the CLOS Perspective
  Journal of Universal Computer Science, Vol. 14.20