



Introduction



Classes et Objets



Héritage



Polymorphisme

Approches Objet de la Programmation

～ CLOS : Common Lisp Object System ～

Didier Verna

didier@didierverna.net



didierverna.net



[@didierverna](https://twitter.com/didierverna)



[didier.verna](https://www.facebook.com/didier.verna)



[in/didierverna](https://www.linkedin.com/in/didierverna)

Plan

Introduction

Classes et Objets

- Classes et Objets

- Portée et Accessibilité de l'Information

- Intégration Classes / Types

Héritage

- Rappels

- Modèle d'héritage

- Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

- Rappels

- Fonctions Génériques et Méthodes

- Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Origine

- ▶ Expérimentations diverses depuis les années 70
 - ▶ Smalltalk, idées originales, *etc.*
- ▶ 1986 : ACM Lisp and Functional Programming Conference
 - ▶ Groupe informel pour standardiser un système objet
Forte pression pour la standardisation du langage
- ▶ Comité X3J13 pour la standardisation de Common Lisp
 - ▶ ANSI standard X3.226:1994 (R1999)
- ▶ Résultat : un « best-of » des idées / systèmes de l'époque
 - ▶ [New] Flavors (Symbolics Inc., MIT Lisp Machines), *Dave Moon & Sonya Keene*
 - ▶ [Portable] Common Loops (Xerox PARC, Interlisp-D), *Daniel Bobrow & Gregor Kiczales*
 - ▶ Lucid, *Dick Gabriel & Linda DeMichiel*

Caractéristiques I

- ▶ Stratifié, flexible
 - ▶ API (syntaxique) $\Rightarrow$ API (fonctionnelle) $\Rightarrow$ Implémentation
- ▶ Fonctions génériques ($\neq$ envoi de message)
 - ▶ Envoi de message inadapté aux opérations n-aires
 - ▶ Multi-méthodes
 - ▶ Extension naturelle des fonctions classiques
- ▶ Héritage multiple
 - ▶ Système de précedence de classe linéarisé
- ▶ Combinaison de méthodes
 - ▶ Invocation simple / multiple
 - ▶ Plusieurs en standard, programmable

Caractéristiques II

- ▶ Ordre supérieur (MOP)
 - ▶ Méta-objets : fonctions génériques, classes, *etc.*
 - ▶ 1^{re} classe : manipulation anonyme, *etc.*
- ▶ Typage dynamique
 - ▶ C'est du Lisp !
- ▶ Pas d'encapsulation ni de protection
 - ▶ Orthogonal à la programmation orientée-objet
 - ▶ *Cf.* accesseurs et packages

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Classes

La classe human

```
(defclass human () (name size birth-year))
```

► Remarques

- Définition fonctionnelle (defclass est une macro)
- Cycle de vie dynamique (à la fois type et objet)
- Typage dynamique
- Pas de méthodes membre (*cf.* fonctions génériques)
- Pas de mécanisme de protection
- Pas de classes abstraites, finales, *etc.*

Instanciación : Allocation

Mécanisme général

```
(make-instance 'human)
```

► Remarques

- Instanciación fonctionnelle ($\neq$ constructeur)
- Fonction commune à toutes les classes
- Rappel : ramasse-miettes $\implies$ pas de destructeur

► Problème : initialisation des slots

Instanciación : Initialisation I

Arguments d'initialisation

```
(defclass human ()  
  ((name :initarg :name)  
   (size :initarg :size)  
   (birth-year :initarg :birth-year)))  
  
(make-instance 'human  
  :name "Alain Térieur" :size 1.80 :birth-year 1970)
```

► **Problème** : initialisation par défaut

Instanciación : Initialisation II

Valeurs d'initialisation

```
(defclass human ()  
  ((name :initarg :name)  
   (size :initarg :size)  
   (birth-year :initarg :birth-year :initform 1970)))  
  
(make-instance 'human :name "Alain Térieur" :size 1.80)
```

► **Problème** : initialisation obligatoire

Instanciation : Initialisation III

Fonction d'instanciation

```
(defun make-human (name size &rest keys &key birth-year)
  (apply #'make-instance 'human :name name :size size
          keys))
```

```
;; (make-human "Alain Térieur" 1.80)
```

```
;; (make-human "Alex Térieur" 1.80 :birth-year 1939)
```

► Remarques

- make-<class> est conventionnel
- Privilégier les *keywords* aux paramètres optionnels
- Sémantique d'appel $\neq$ Surcharge

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Portée de l'Information

Slots locaux vs. partagés

```
(defclass human ()  
  ((population :allocation :class :initform 0)  
   (name :initarg :name)  
   (size :initarg :size)  
   (birth-year :initarg :birth-year :initform 1970)))
```

► Remarques

- Par défaut: `:allocation :instance`
- Pas d'accès standard aux slots partagés à travers les classes
- Pas d'équivalent direct des méthodes de classe (statiques)

Accessibilité de l'Information I

Mécanisme Général

```
(slot-value alain 'birth-year)
```

► Remarques

- Accès fonctionnel ($\neq$ syntaxique)
- Fonction commune à toutes les classes
- Pas de mécanisme de protection (peu de sens)
Pas même les packages, pas d'amitié, etc.

► Problème : manque d'abstraction

Accessibilité de l'Information II

Accesseurs

```
(defclass human ()  
  ((name :initarg :name :reader name :writer rename)  
    (size :initarg :size :accessor size)  
    (birth-year :initarg :birth-year :initform 1970 :reader birth-year)))  
  
(name alain) ;; => "Alain Térieur"  
(rename "Alain Verse" alain) ;; => "Alain Verse"  
  
(size alain) ;; => 1.80  
(setf (size alain) 1.78) ;; => 1.78  
  
(birth-year alain) ;; => 1970  
(setf (birth-year alain) 1971) ;; error
```

► **Remarque :** Génération automatique de fonctions (génériques)

Comportement Hors Classe

Exemple

```
(defun hello (human)
  (format t "Hello! I'm ~A, ~Am, ~Ayo.~%"
    (name human)
    (size human)
    (age human))
  (values))
```

► Remarques

- Méthode dans les systèmes traditionnels
- Simple fonction ici (fonction générique plus tard)
- Généricité quand même (typage dynamique)

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Classes, Objets, Types

- ▶ Forte intégration type / classe
 - ▶ Hiérarchie unique : classe racine `t` (`class-of`)
 - ▶ Correspondance classe / type (`type-of`, `typep`)
 - ▶ Correspondance type natif / classe
Spécialisation possible, instanciation interdite
- ▶ Note : sous-classage $\iff$ sous-typage (`subtypep`)
 - ▶ Cf. systèmes traditionnels, mais en plus robuste
- ▶ MOP (réflexivité totale : introspection / intercession)
 - ▶ Les classes sont des objets (système de type de 1^{re} classe)
 - ▶ Métaclasse : classe d'une classe
 - ▶ `standard-class` : classe des classes utilisateurs (entre autres)
Classe des classes agrégatives, circularité

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Rappels : Relations Entre Classes

- ▶ **Copier-Coller** : c'est mal !
- ▶ **Agrégation** : relation « ensemble / parties »
- ▶ **Composition** : agrégation plus forte
- ▶ **Héritage** : forme d'inclusion implicite
Héritage de structure et de comportement

Héritage

```
(defclass employee (human)
  ((company :initarg :company :reader company)
   (salary :initarg :salary :accessor salary)
   (hiring-year :initarg :hiring-year)))
```

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Spécificités

► Héritage implicite :

- Hiérarchie de classes unique
- `user-class` $\rightarrow$ `...` $\rightarrow$ `standard-object` $\rightarrow$ `t`
- Aucun slot, *cf.* `print-object`, *etc.*

► Héritage des slots :

- $\neq$ systèmes traditionnels
- Un slot unique (pas d'ambiguïté)

► Héritage des options :

- `initargs`, `initforms`, *etc.*
- Modalités différentes selon les options

► Héritage des méthodes :

- Sous-classage $\iff$ sous-typage

► Héritage Multiple

Instanciation en Présence d'Héritage

Exemple

```
(defun make-employee (name size company salary hiring-year
                      &rest keys &key birth-year)
  (let ((employee (apply #'make-instance 'employee
                          :name name :size size
                          :company company :salary salary
                          :hiring-year hiring-year
                          keys)))
    (incf (slot-value employee 'population))
    employee))
```

► Remarques :

- Un seul point d'entrée (make-instance)
- Pas de chaîne de constructeurs

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Problèmes Liés à l'Héritage

► Persistants :

- Héritage vs. Instantiation (« est un »)
Système à base de classes
- Ambivalence de l'héritage (interface / implémentation)
Sous-classage $\iff$ sous-typage

► Alternatives :

- Héritage par restriction / Programmation différentielle
Cf. chapitre suivant : aspects dynamiques de CLOS
- Héritage multiple / en diamant
 - Fusion des définitions / packages $\neq$
 - *Cf. chapitre suivant : combinaisons de méthodes*

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Rappel : 3 Formes de Polymorphisme

► Polymorphisme statique

1. Surcharge

- Types : aucun sens dans un langage dynamique
- Cardinalité : trop ambigu / compliqué
- Remplacée par une sémantique d'appel plus riche

2. Masquage

- Spécifique aux méthodes membres
- Aucun sens avec des fonctions génériques

► Polymorphisme dynamique

3 Ré-écriture

- Fonctions génériques
- Méthodes

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Fonctions Génériques

La fonction translate

```
(defgeneric translate (object x &optional y))
```

► Remarques

- Définition fonctionnelle (defgeneric est une macro)
- Cycle de vie dynamique (méta-objet)
- Typage dynamique
- Interface uniquement ($\neq$ fonctions standard)
- Déclaration optionnelle
- Les accesseurs sont des fonctions génériques
- Comportement identique à celle d'une fonction standard
Même syntaxe d'appel, function-cell, fonctions génériques anonymes, etc.

Méthodes

Une méthode translate

```
(defmethod translate ((circle circle) x &optional (y 0))  
  (translate (center circle) x y))
```

► Remarques

- Définition fonctionnelle (defmethod est une macro)
- Cycle de vie dynamique (méta-objet)
- Typage dynamique
- Méthode = une implémentation particulière
- Spécialisation sur les arguments obligatoires
- Multi-méthodes (spécialisation possible sur plusieurs arguments)
- Méthode par défaut = non spécialisée (classe t)
- Méthodes non exécutables et anonymes

Chaînage de Méthodes

call-next-method

```
(defgeneric hello (object))

(defmethod hello ((human human))
  (format t "Hello! I'm ~A, ~Am, ~Ayo.~%"
    (name human)
    (size human)
    (age human))
  (values))

(defmethod hello ((employee employee))
  (call-next-method)
  (format t "Working at ~A for ~A euros, started at the age of ~A.~%"
    (company employee)
    (salary employee)
    (hiring-age employee))
  (values))
```

► **Remarque :** liste classée de méthodes applicables

Plan

Introduction

Classes et Objets

Classes et Objets

Portée et Accessibilité de l'Information

Intégration Classes / Types

Héritage

Rappels

Modèle d'héritage

Problèmes Liés à l'Héritage

Polymorphisme

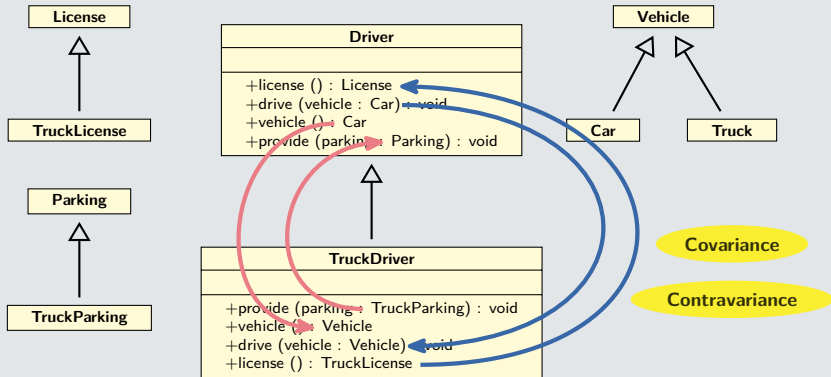
Rappels

Fonctions Génériques et Méthodes

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Relation (sous-)Classe / (sous-)Type

Rappel



Covariance / Contravariance

- ▶ **Tout est exprimable** ($\neq$ AOP1)
Exprimable $\Rightarrow$ compilable
 - ▶ Contravariance des valeurs retournées
 - ▶ Covariance des arguments
 - ▶ Raisons: langage dynamique / méthodes externes
- ▶ **Tout n'a pas nécessairement de sens** (= AOP1)
 - ▶ Contravariance des valeurs retournées
 - ▶ Échec potentiel
 - ▶ Exemple: `(drive DRIVER (vehicle TRUCK-DRIVER))`
 - ▶ Covariance des arguments
 - ▶ Erreur potentiellement ignorée
 - ▶ Exemple: `(offer TRUCK-DRIVER PARKING)`
- ▶ $\Rightarrow$ Vérification dynamique grâce à de nouvelles (multi-)méthodes



Bibliographie

Plan

Bibliographie

Bibliographie



Linda G. DeMichiel and Richard P. Gabriel

The Common Lisp Object System : An Overview

ECOOP, 1987



Sonja E. Keene

Object-Oriented Programming in Common Lisp : a Programmer's Guide to CLOS

Addison-Wesley, 1989



Daniel G. Bobrow, Linda G. DeMichiel, Richard P. Gabriel, Sonya E. Keene, Gregor Kiczales and David A. Moon.

Common Lisp Object System specification

ACM SIGPLAN Notices, 1988.