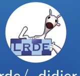
Approches Objet de la Programmation

∼ Agrégation, Composition, Héritage ∽

Didier Verna

EPITA / LRDE

didier@lrde.epita.fr



lrde/~didier

@didierverna

didier.verna

in/didierverna

Plan

Relations entre Classes
- Agrégation
- Composition
- Héritage

Caractéristiques de l'Héritage
- Hiérarchies de Classes
- Politiques d'Instanciation
- Accessibilité

Problèmes liés à l'Héritage
- Héritage et Instanciation
- Ambivalence de l'Héritage
- Héritage Multiple

Plan

Relations entre Classes
- Agrégation
- Composition
- Héritage

Caractéristiques de l'Héritage

Problèmes liés à l'Héritage

Copier / Coller

Exemple UML

Human
-name : string -size : float -birth_year : unsigned -company : string -salary : unsigned
+age () : unsigned +hello () : void

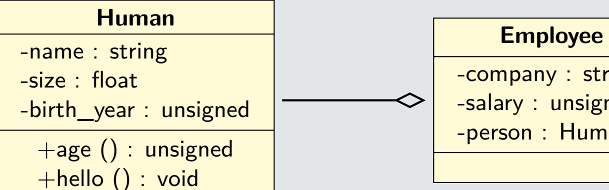
Employee
-name : string -size : float -birth_year : unsigned -company : string -salary : unsigned
+age () : unsigned +hello () : void

- Très mauvaise approche !

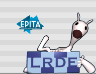
Agrégation

- Une forme d'inclusion
  - **Agrégat** : maintient de références/pointeurs vers des objets *agrégés*

Exemple UML



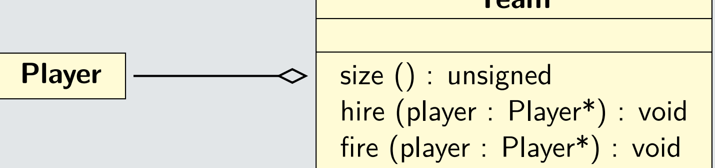
- Pas très adapté dans ce cas
  - Relation « ensemble / parties » (transitive)
  - L'agrégé survit à son agrégat



Agrégation

- Une forme d'inclusion
  - **Agrégat** : maintient de références/pointeurs vers des objets *agrégés*

Meilleur Exemple UML



Agrégation

C++

```
class Player {};

using player_set = std::unordered_set<const Player*>;
class Team
{
public:
  player_set::size_type size () const;
  void hire (const Player& player);
  void fire (const Player& player);

private:
  player_set members;
};

player_set::size_type Team::size () const { return members.size (); }

void Team::hire (const Player& player) { members.insert (&player); }
void Team::fire (const Player& player) { members.erase (&player);  }
```

Agrégation

- Une forme d'inclusion
  - **Agrégat** : maintient de références/pointeurs vers des objets *agrégés*

M

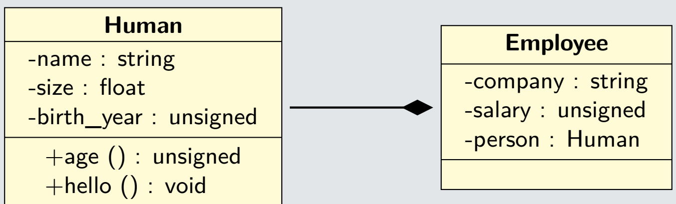
Java

```
public class Player {}

public class Team
{
  public Team () { members = new HashSet<Player> (); }

  public int size () { return members.size (); }

  public void hire (Player player) { members.add (player); }
  public void fire (Player player) { members.remove (player); }

  private HashSet<Player> members;
}
```

Composition (Agrégation Composite)

- Une forme d'inclusion plus stricte
  - L'agrégé ne survit pas à son (unique) agrégat

Exemple UML



- Toujours pas très adapté dans ce cas
  - L'accès à la partie `Human` est (toujours) indirect

Composition (Agrégation Composite)

- Une forme d'inclusion plus stricte
  - L'agrégé ne survit pas à son (unique) agrégat

Meilleur Exemple UML

Head ◆—— Body

Composition (Agrégation Composite)

- Une forme d'inclusion plus stricte
  - L'agrégé ne survit pas à son (unique) agrégat

Meilleur Exemple

C++

```
class Head {};
class Arm {};
class Leg {};

class Body
{
private:
  Head head;
  Arm arms[2];
  Leg legs[2];
};
```

Composition (Agrégation Composite)

- Une forme d'incl[...]
  - L'agrégé ne [...]

Meilleur Exemple

Java

```java
public class Head {}
public class Arm {}
public class Leg {}

public class Body
{
  public Body ()
  {
    head = new Head ();
    arms = new Arm[2]; // ...
    legs = new Leg[2]; // ...
  }

  private Head head;
  private Arm[] arms;
  private Leg[] legs;
}
```

Héritage / Dérivation

- Une forme d'inclusion encore plus stricte
  - Contenu agrégé directement incorporé à la classe
- Solution la plus adaptée ici
  - Pas de risque lié à la duplication manuelle
  - Pas d'objet intermédiaire (agrégat)
  - Le contenu de la classe `Human` fait *implicitement* partie de la classe `Employee` (sauf les constructeurs / destructeurs)
- La classe `Employee` « hérite » ou « dérive » de la classe `Human`

Exemple UML

Héritage / Dérivation

C++

```
class Employee : public Human
{
public:
  Employee (const std::string& name, float size, unsigned birth_year,
            const std::string& company, unsigned salary);
  ~Employee ();

private:
  std::string company_;
  unsigned salary_;
};

Employee::Employee (const std::string& name, float size, unsigned birth_year,
                    const std::string& company, unsigned salary)
  : Human (name, size, birth_year), company_ (company), salary_ (salary)
{}

Employee::~Employee ()
{}
```

Héritage / Dérivation

Exemple UML

Super-classe

Human

- Une forme d'inclusion encore plus stricte

Java

```
public class Employee extends Human
{
  public Employee (String _name, float _size, int _birthYear,
                   String _company, int _salary)
  {
    super (_name, _size, _birthYear);
    company = _company;
    salary = _salary;
  }

  private String company;
  private int salary;
}
```

- La classe Employee « hérite » ou « dérive » de la classe Human

Plan

Relations entre Classes

Caractéristiques de l'Héritage
- Hiérarchies de Classes
- Politiques d'Instanciation
- Accessibilité

Problèmes liés à l'Héritage

Caractéristiques de l'Héritage

- **Agrégation** : relation de type « a un »
  - Une équipe *a des* joueur, un corps *a une* tête *etc.*
- **Héritage** : relation de type « est un »
  - Un employé *est un* humain

Exemple UML

Human
-name : string -size : float -birth_year : unsigned
+age () : unsigned +hello () : void

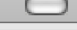
Employee
-company : string -salary : unsigned

Conséquence fondamentale :

- L'héritage *ressemble* à du sous-typage
  - Tout employé peut être vu comme un simple humain
  - La classe réelle d'un objet n'est plus nécessairement connue à la compilation
- Mais ressemblance seulement !

  Cf. le principe de substitution de Liskov [Liskov, 1988]

Caractéristiques de l'Héritage



- **Agrégation** : relation de type « a un »

Exemple UML

C++

```
auto h = Human { "Alain Térieur", 1.80, 1970 };
h.census ();
h.hello ();
birth_control (h);
std::cout << std::endl;

auto e = Employee { "Alex Térieur", 1.78, 1975, "EPITA", 2400 };
e.census ();
e.hello ();
birth_control (e);
std::cout << std::endl;

Human* incognito = new Employee ("Vladimir Guez", 1.85, 1980, "Ionis", 2500);
incognito->census ();
incognito->hello ();
birth_control (*incognito);
std::cout << std::endl;
```

Caractéristiques de l'Héritage

- **Agrégation** : relation de type « a un »
  - Une équipe *a des* joueur, un corps *a une*

Exemple UML

Java

```java
Human h = new Human ("Alain Térieur", 1.80f, 1970);
h.census ();
h.hello ();
System.out.println ();

Employee e = new Employee ("Alex Térieur", 1.78f, 1975, "EPITA", 2400);
e.census ();
e.hello ();
System.out.println ();

Human incognito = new Employee ("Vladimir Guez", 1.85f, 1980, "Ionis", 2500);
incognito.census ();
incognito.hello ();
System.out.println ();
```

Cf. le principe de substitution de Liskov [Liskov, 1988]

Caractéristiques de l'Héritage

- **Agrégation** : relation de type « a un »
  - Une équipe *a des* joueur, un corps *a une* tête *etc.*

Exemple UML

Human
-name : string

C++

```
const Human& unpredictable ()
{
  static const auto h
    = Human { "Corinne Titgoutte", 1.68, 1985 };
  static const auto e
    = Employee { "Justine Titgoutte", 1.83, 1990, "EPITA", 2600 };

  return (rand () % 2) ? e : h;
}

const Human& dont_know = unpredictable ();
```

- Mais ressemblance seulement !

  Cf. le principe de substitution de Liskov [Liskov, 1988]

Caractéristiques de l'Héritage

- **Agrégation** : relation de type « a un »
  - Une équipe *a des* joueur, un corps *a une* tête *etc.*

Exemple UML

Human
-name : string

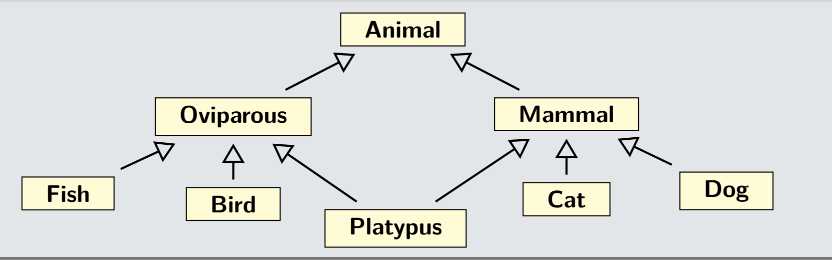
Java

```
public class Unpredictable
{
  public static Human get () { return random.nextBoolean () ? e : h; }

  private static Random random = new Random ();
  private static Human h = new Human ("Corinne Titgoutte", 1.68f, 1985);
  private static Employee e
    = new Employee ("Justine Titgoutte", 1.83f, 1990, "EPITA", 2600);
}

Human dontKnow = Unpredictable.get ();
```

- Mais ressemblance seulement !

  Cf. le principe de substitution de Liskov [Liskov, 1988]

Exemple UML



- L'héritage est une relation transitive
- Héritage multiple (pas toujours disponible) : plusieurs super-classes
- Hiérarchie de classes : arbre (ou graphe) orienté d'héritage

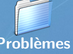
Hiérarchies de Classes

Exemple UML

C++

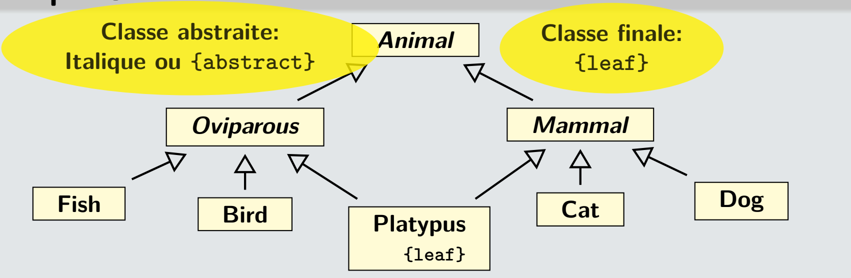
```
class Animal {};

class Oviparous : public Animal {};
class Bird : public Oviparous {};
class Fish : public Oviparous {};

class Mammal : public Animal {};
class Cat : public Mammal {};
class Dog : public Mammal {};

class Platypus : public Oviparous, public Mammal {};
```

- L
- H … classes
- Hiérarchie de classes : arbre (ou graphe) orienté d'héritage



Politiques d'Instanciation

Exemple UML



- Classe abstraite : non instanciable
- Classe finale : non dérivable

Politiques d'Instanciation

C++

```
class Animal
{
public:
  // Make this class abstract.
  virtual void cry () const = 0;
};

// Also abstract.
class Mammal : public Animal {};
class Cat : public Mammal
{
public:
  // Not abstract anymore.
  void cry () const override { std::cout << "Meow! Meow!\n"; };
};
```

Politiques d'Instanciation

Exemple UML

Classe abstraite:
Italique ou {abstract}

Animal

Classe finale:
{leaf}

Java

```
public abstract class Animal {}
public abstract class Mammal extends Animal {}
public class Cat extends Mammal
{
  void cry () { System.out.println ("Meow! Meow!"); }
}
```

- Classe finale : non dérivable

Politiques d'Instanciation

Exemple UML

C++

```cpp
// Final class (C++11).
class Platypus final : public Oviparous, public Mammal
{
public:
  // Not abstract anymore.
  void cry () const override { std::cout << "Platty! Platty!\n"; };
};
```

- Classe finale : non dérivable

Politiques d'Instanciation

Exemple UML

Classe abstraite: Italique ou {abstract}

Animal

Classe finale: {leaf}

Oviparous

Mammal

Java

```
public final class Platypus extends Animal
{
  void cry () { System.out.println ("Platty! Platty!"); }
}
```

- Classe abstraite : non instanciable
- Classe finale : non dérivable

Accessibilité et Héritage

- **Attribut / Méthode Protégé(e) :**
  accès restreint à la sous-hiérarchie de la classe

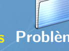
Exemple UML

Human
#birth_year : unsigned
+age () : unsigned

Employee
-hiring_year : unsigned
+hiring_age () : unsigned

(Employee hérite de Human)

Champs protégés précédés par un "#"



Accessibilité et Héritage

C++

```
class Human
{
protected:
  const unsigned birth_year_;
};

class Employee : public Human
{
public:
  unsigned hiring_age () const;

private:
  unsigned hiring_year_;
};

unsigned Employee::hiring_age () const
{
  return hiring_year_ - birth_year_;
}
```

Accessibilité et Héritage

- **Attribut / Méthode Protégé(e) :**
  accès restreint à la sous-hiérarchie

Exemple UML

Human

Java

```
public class Human
{
  protected final int birthYear;
}

public class Employee extends Human
{
  public int hiringAge () { return hiringYear - birthYear; }
  private int hiringYear;
}
```

Plan

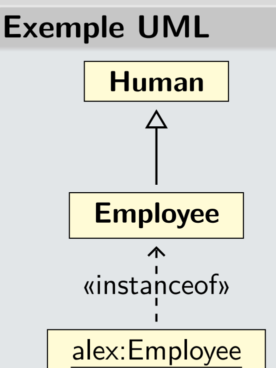
Relations entre Classes

Caractéristiques de l'Héritage

Problèmes liés à l'Héritage
- Héritage et Instanciation
- Ambivalence de l'Héritage
- Héritage Multiple

Héritage et Instanciation

- Manipuler la relation « est un » avec précaution
- Un employé est un (type d')humain
- Alex est un employé (en particulier)



Ambivalence de l'Héritage

- Problèmes :
  1. Exposition de l'implémentation
  2. Héritage de l'interface de liste
- Deux effets du sous-classage :
  1. Héritage d'implémentation
     ré-utilisabilité du code
  2. Héritage d'interface
     sémantique, sous-typage
- L'héritage d'implémentation entraîne celui de l'interface
- Préférer la composition à l'héritage
  Une pile n'est pas une liste

Exemple UML

List
+insert (val : obj, pos : int) : void +remove (pos : int) : obj

Stack
+push (val : obj) : void +pop () : obj

Remarque : Héritage « Privé »

C++

```
class List
{
public:
  void insert (obj val, int pos);
  obj remove (int pos);
};

class Stack : public private List
{
public:
  void push (obj val) { insert (val, 0); };
  obj pop () { return remove (0); }
};
```

- Relation de type « est implémenté en termes de »
- Privilégier la composition en général

Héritage par Restriction

- Le problème cercle/ellipse (carré/rectangle)
- Un carré est un rectangle…
- …mais avec des contraintes statiques…
- …et dynamiques
- Programmation Différentielle :
  - Hériter de manière additive et non restrictive
  - Problème surtout lié à la mutation

Exemple UML

Rectangle
#width : unsigned #height : unsigned
+set_width (unsigned) : void

↑

Square

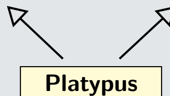
- Cf. le principe de substitution de Liskov [Liskov, 1988]

Ambiguïtés de l'Héritage Multiple

Exemple UML

Oviparous
-weight : unsigned
+nurse () : void
+weight () : unsigned

Mammal
-weight : unsigned
+nurse () : void
+weight () : unsigned



Platypus

- Quelle(s) méthode(s) choisir (`nurse`) ?
- Pourquoi y en aurait-il plusieurs (`weight`) ?
- Remarques tout aussi valables pour les attributs

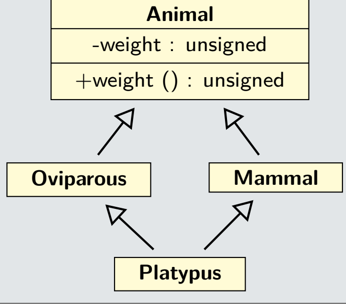
Ambiguïtés de l'Héritage Multiple

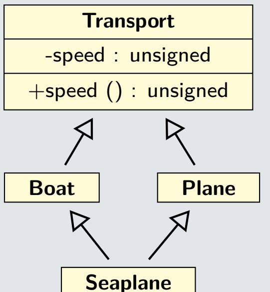
Ex C++

```
class Oviparous
{
public:
  void nurse () const { std::cout << "I brood my eggs.\n"; }
};

class Mammal
{
public:
  void nurse () const { std::cout << "I suckle my offsprings.\n"; }
};

class Platypus final : public Oviparous, public Mammal {};

Platypus platty;
platty.Oviparous::nurse ();
platty.Mammal::nurse ();
```

Héritage en Diamant / Losange

Exemple UML





- Combien de copies de la classe de base veut-on ?
- Pourquoi raisonner au niveau classe ?

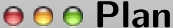
Héritage en Diamant / Losange

Ex Héritage « partagé »

```
class Animal
{
public:
  Animal (unsigned weight) : weight_ (weight) {};

private:
  unsigned weight_;
};

class Oviparous : public virtual Animal {};
class Mammal    : public virtual Animal {};

class Platypus final : public Oviparous, public Mammal
{
public:
  Platypus (unsigned weight) : Animal (weight) {};
};
```

Héritage « répété »

```
class Transport
{
public:
  Transport (unsigned speed) : speed_ (speed) {};
private:
  unsigned speed_;
};
class Boat : public Transport
{
public:
  Boat (unsigned speed) : Transport (speed) {};
};
class Plane : public Transport
{
public:
  Plane (unsigned speed) : Transport (speed) {};
};
class Seaplane : public Boat, public Plane
{
public:
  Seaplane (unsigned boat_speed, unsigned plane_speed)
    : Boat (boat_speed), Plane (plane_speed)
  {};
};
```



Plan

Bibliographie

Bibliographie

Barbara Liskov.
Data Abstraction and Hierarchy.
OOPSLA'87 Keynote, 1988.