Concept de prog. en Java

Rémi Forax

Historique (rapide)

1957-1959: Les 4 fondateurs

FORTRAN, LISP, ALGOL, COBOL

1967: Premier langage Objet

SIMULA (superset d'ALGOL): Class + héritage + GC

1970-1980: Les langages paradigmiques

C, Smalltalk, APL, Prolog, ML, Scheme, SQL

1990-2000: Les langages multi-paradigmes

Python, CLOS, Ruby, Java, JavaScript, PHP

Paradigmes

Impératif, structuré (FORTRAN, Algol, C, Pascal)

- séquence d'instructions indiquant comment on obtient un résultat en manipulant la mémoire

Déclaratif (Prolog, SQL)

- description de ce que l'on a, ce que l'on veut, pas comment on l'obtient

Applicatif ou fonctionnel (Scheme, Caml, Haskell)

- évaluations d'expressions/fonctions où le résultat ne dépend pas de la mémoire (pas d'effet de bord)

Objet (Modula, Objective-C, Self, C++)

- unités réutilisables, abstraites, contrôle les effets de bord

Différents styles de prog.

Un style de programmation n'exclue pas forcément les autres

La plupart des languages les plus utilisés actuellement (C++, Python, Ruby, Java, PHP) permettent de mélanger les styles

- avec plus ou moins de bonheur :)

Comment on organise les fonctions ?

objet

encapsulation

sous-typage

liaison tardive

Comment on écrit les fonctions ?

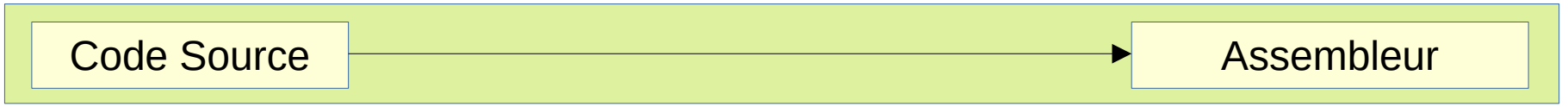
impératif  fonctionnel

class	record
méthode	lambda
Collection	String
boucle	Stream

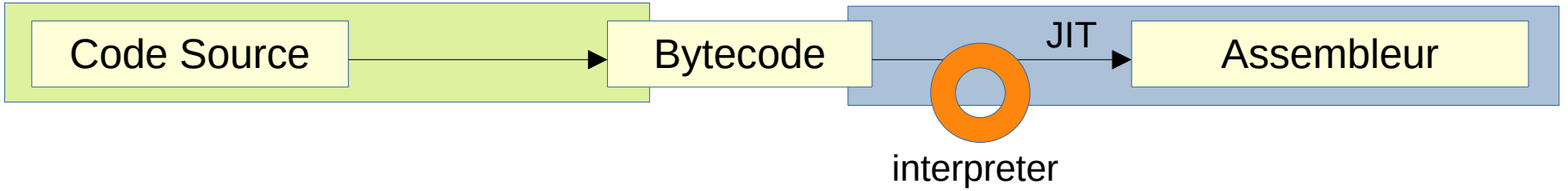
La plateforme Java

Le bytecode est portable

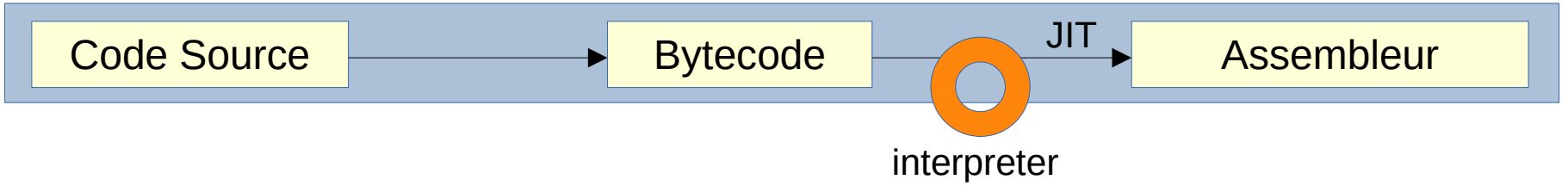
Modèle du C



Modèle de Java



Modèle de JavaScript



A la compilation

A l'execution

OpenJDK vs Java

OpenJDK contient les sources

- http://github.com/openjdk/jdk

Java est un ensemble de distributions

- Oracle Java, RedHat Java, Amazon Java, Azul Java, SAP Java, ...

Une distribution doit passer le *Test Compatibility Kit (TCK)* pour s’appeler Java

Java

Java est deux choses

- Le langage: *Java Language Specification (JLS)*
- La platforme: *Java Virtual Machine Specification (JVMS)*

  https://docs.oracle.com/javase/specs/

Java est pas le seul langage qui fonctionne sur la plateforme Java

- Groovy, Scala, Clojure ou Kotlin fonctionne sur la plateforme Java

Le langage Java

Le langage et la machine virtuelle n’ont pas les mêmes features

La VM ne connait pas

- Les exceptions checkées
- Les varargs
- Les types paramétrées
- Les classes internes, les records, les enums

...

Le compilateur a un système de types plus riche que ce que comprend la machine virtuelle

Evolution du language Java

Les languages de programmation évoluent...

… car les besoins des logiciels évoluent

Java

- OOP (Java 1 - 1995)
- Type paramétré + Enum (Java 5 - 2004)
- Lambda (Java 8 - 2014)
- Pattern matching + Record (Java 21 – 2023?)

Le monde selon Java
(Edition 2021)

Object Oriented Programming

En Java

- Classe (encapsulation)
  - Séparation de l'API publique et de l'implantation interne
- Interface (sous-typage)
  - Pour considérer des classes différentes comme implantant un même type
- Liason tardive (à l'exécution)

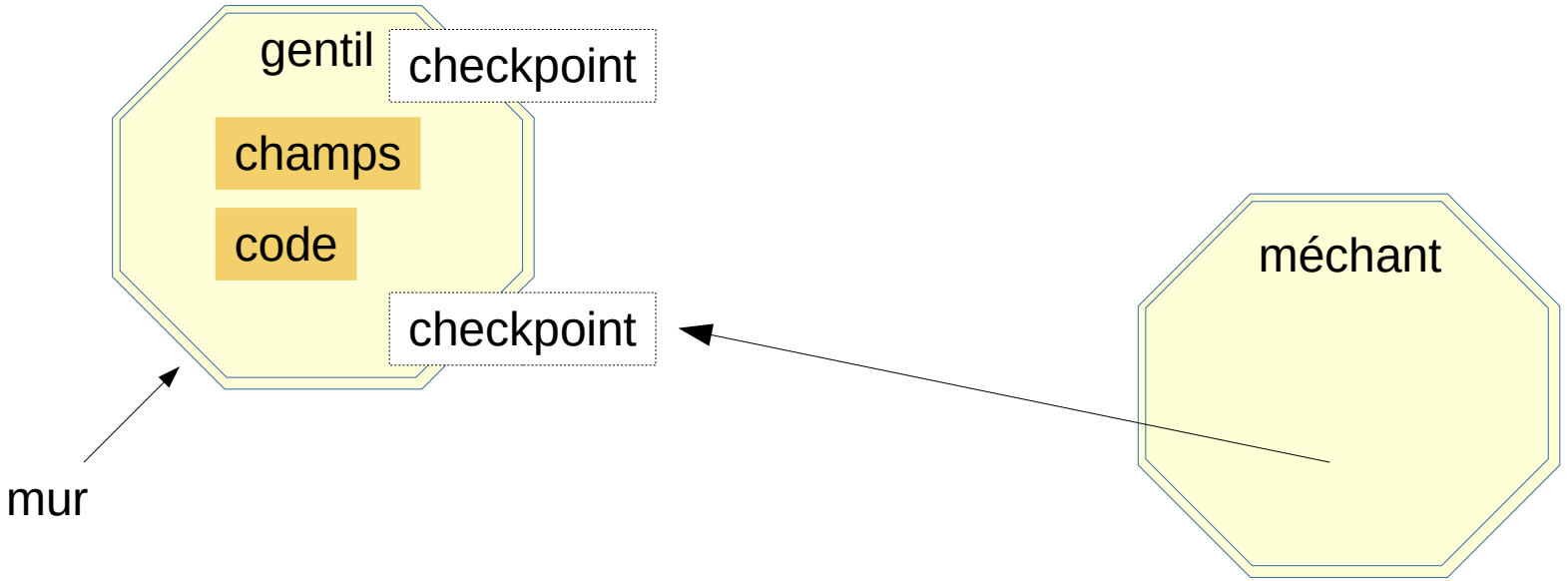
  o.toString() appel la bonne implantation

Encapsulation

Le monde selon Trump

Une classe considère

- Son intérieur (les champs, le code des méthodes) comme étant de confiance
- … et les autres classes comme méchantes
  - Les méthodes publiques fournissent un d'accès restreint (checkpoint)



API publique vs Implantation

(information hiding)

- Une classe encapsule ses données
  - L'API publique est l'ensemble des méthodes visibles par un utilisateur
    - donc les méthodes publiques (et protected)
  - L'implantation, c'est comment l'API public est codée
    - champs privée, méthodes privées, classes internes privées
- Le fait de protéger les données est appelée encapsulation

Encapsulation

```
class Person {
  private String name;
  private List<String> pets;

  public Person(String name, List<String> pets) {
    this.name = name;
    this.pets = pets;  // oups bétise
  }
}

var person = new Person("John", List.of("Garfield"));
```

Violation de l’encapsulation

Une violation classique de l’encapsulation consiste à utiliser des objets mutables à la construction sans faire de copie défensive

```
class Person {
  private String name;
  private List<String> pets;

  public Person(String name, List<String> pets) {
    this.name = name;
    this.pets = pets;  // oups bétise
  }
}

var pets = new ArrayList<String>();  // liste mutable
var person = new Person("John", pets);
person.pets().add("Garfield");   // violation !
```

Classe Non Mutable

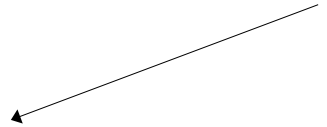
Avoir des champs non modifiables rend l'encapsulation plus facile à implanter + copie défensive

```
class Person {
  private final String name;
  private final List<String> pets;

  public Person(String name, List<String> pets) {
    this.name = name;
    this.pets = List.copyOf(pets);  // copie défensive
  }
}

var person = new Person("John", List.of("Garfield"));
person.pets().add("Garfield");   // exception !
```

List peut être modifiable, ahh



Programmation par contrat

Programmation par contrat

“L’état d’un objet doit toujours être valide”

Inventé par Bertrant Meyer (Eiffel 1988)

- Extension de la notion d’encapsulation

Utiliser par le JDK

- Précondition + vérification des invariants

Blow early, blow often
Josh Blosch

Exemple de prog par contrat

```
class Book {
  ...
  public Book(String author, long price) {
    Objects.requireNonNull(author);
    if (price < 0) { throw new IAE(…); }
    ...
  }

  public long priceWithDiscount(long discount) {
    if (discount < 0) { throw new IAE(…); }
    if (discount > price) { throw new ISE(…); }
    return price – discount;
  }
}

var book = new Book("Dan Brown", 40);
book.priceWithDiscount(50);  //  exception
```

Exceptions + assert

Pré-conditions sur les arguments

NullPointerException (**NPE**), IllegalArgumentException (**IAE**) si l'argument n'est pas valide

IllegalStateException (**ISE**), si l'état de l'objet ne permet pas l'exécution la méthode

… sont documenté dans la javadoc !!

Les invariants

```
stack.push(element);
assert stack.size() != 0;
```

… sont documentés dans le code

Type (compilateur) en Java

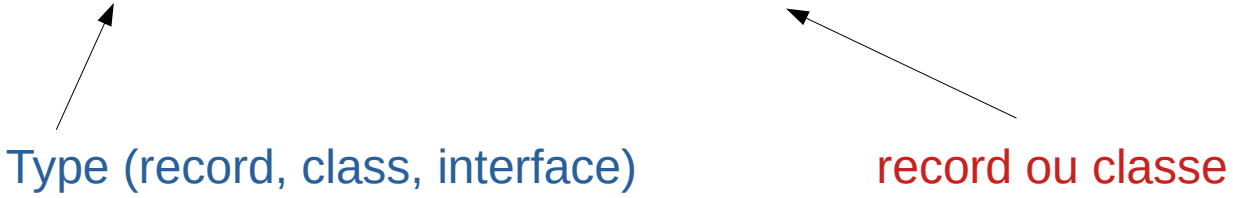
Typage

Java est un language typé (variables & champs)

- le type est déclaré explicitement
  - **Point** point = ...
- ou implicitement
  - **var** point = **new** Point(…);

Les records, classes, interfaces sont aussi des types

Point point = **new Point**(…);



Type vs Classe

Type (pour le compilateur)

ensemble des opérations que l'on peux appeler sur une variable (méthodes applicables)

existe pas forcément à l'exécution

Classe (pour l'environnement d'exécution)

- taille sur le tas (pour new)
  - Les champs sont des offsets par rapport à une addresse de base
- codes des méthodes
  - Les méthodes sont des pointeurs de fonctions dans la *vtable*

Type primitif vs Object

On Java, les types primitif et les types objets sont séparés et il n’existe pas un type commun

Type primitif

- boolean (true ou false)
- byte (8 bits signé)
- char (16 bits non signé)
- short (16 bits signé)
- int (32 bits signé)
- long (64 bits signé)
- float (32 bits flottant)
- double (64 bits flottant)

Type objet

- Référence (réprésentation opaque)

Type primitif vs Object

La séparation existe pour des questions de performance

Grosse bétise !

=> la VM devrait décider de la représentation pas le programmeur

Impact majeur sur le design du langage :(

Auto-boxing/Auto-unboxing

Le langage Java *box* et *unbox* automatiquement

- Auto-box
  int i = 3;
  Integer big = i;
- Auto-unbox

  Integer big = …
  int i = big;

Le compilateur appel *Wrapper*.valueOf() et *Wrapper*.*xxx*Value().

Identitée

Faire un new sur un wrapper type est déconseillé (warning)

- Ce sera erreur dans une future version
- L'identitée d'un wrapper (addresse en mémoire) est pas bien définie

L'implantation actuelle partage **au moins** les valeurs de -128 à 127

```
Integer val = 3;
Integer val2 = 3;
val == val2  // true

Integer val = -200;
Integer val2 = -200;
val == val2  // true or false, on sait pas
```

On fait **pas** des **==** ou **!=** sur les wrappers

Java 16 émet un warning !

Sous-typage
et
Interface

Principe de Liskov

If for each object o1 of type S there is an object o2 of type T such that for all programs P defined in terms of T, the behavior of P is unchanged when o1 is substituted for o2 then S is a subtype of T.

Barbara Liskov (1988)

Corollaire du principe de Liskov

Si dans un programme, on manipule à un même endroit deux instances de classes différentes alors ils sont sous-types

```
void m(….) {
  ...
  if (…) {
   i = new A();
  } else {
   i = new B();
  }
  ...
  i.m();   // type A | B
}
```

Exemple 1

```
m(new A());
…
m(new B());
...
void m(… i) {
  ...
  i.m();   // type A | B
}
```

Exemple 2

Interface

En Java, il n’existe pas de type A | B

On définie une interface

```
interface Itf { void m(); }
```

On indique que A et B implémente I

```
record A() implements Itf { public void m() { … } }
class B implements Itf { public void m() { … } }
```

Les interfaces servent au typage, pas à l’exécution !

Hierarchie ouverte / fermée

Interface ouverte: Itf = A | B | …

interface Itf { }

Interface fermée: Itf = A | B

sealed interface Itf **permits** A, B { }

la clause “permits” peut être inférée par le compilateur, si Itf, A et B sont déclarées dans le même fichier .java

Rakes* are better than trees

In gardening tips - Rémi Forax

* rateaux

Héritage

L’héritage implique

- Le sous-typage (comme avec une interface)
- La copies des champs et des méthodes (pointeurs)
- La redéfinition (override) des méthodes

Problèmes

La copie des membres implique un couplage fort entre la classe de base et la sous-classe

Problème si on met à jour la classe de base et pas les sous-classes

Problème si la classe de base est non-mutable mais une sous-classe est mutable

Délégation vs Héritage

Il est plus simple de partager du code par **délégation** que par **héritage**

```
public class StudentList extends ArrayList<Student> {
  public void add(Student student) {
    Objects.requireNonNull(student);
    super.add(student);
  }
}
```

Le code ci-dessus est **faux**, on peut par exemple utliser addAll() pour ajouter un étudiant null

```
public final class StudentList {
  private final ArrayList<Student> students = new ArrayList<>();

  public void add(Student student) {
    Objects.requireNonNull(student);
    students.add(student);
  }
}
```

POO != Héritage

Java a évolué sur le sujet

- Historiquement (1995), l'héritage est considéré comme une bonne chose (moins de code à écrire)

- Mais en pratique (2004), l'héritage rend le code difficilement maintenable

Les enums, les annotations (2004) et les records (2021) ne supportent pas l'héritage

- Les langages *mainstream* créés depuis 2010, Rust et Go, ne supporte pas l'héritage non plus.

Préférer les interfaces

prefer rakes to trees

Au lieu d'utiliser l'héritage

```
class Book { final String title; final String author; … }
class VideoGame extends Book { final int pegi; … }
```

Il est plus pratique d'utiliser l'implantation d'interface

```
sealed interface Product { String title(); String author(); }
record Book(String title, String author)
    implements Product { }
record VideoGame(String title, String author, int pegi)
    implements Product { }
```

Classe Abstraite

Peut-on utiliser une classe abstraite ?

- Jamais à la place d'une interface
  - La classe abstraite ne doit **pas** être **utilisée** comme **un type**.
- Oui pour partager du code mais
  - La classe abstraite et les sous-classes doivent être dans le **même package**
  - La abstraite ne doit **pas** être **publique**
    - **=> sinon cela empèche le refactoring**

Methodes par défaut

Les méthodes par défaut permettent aussi de partager du code

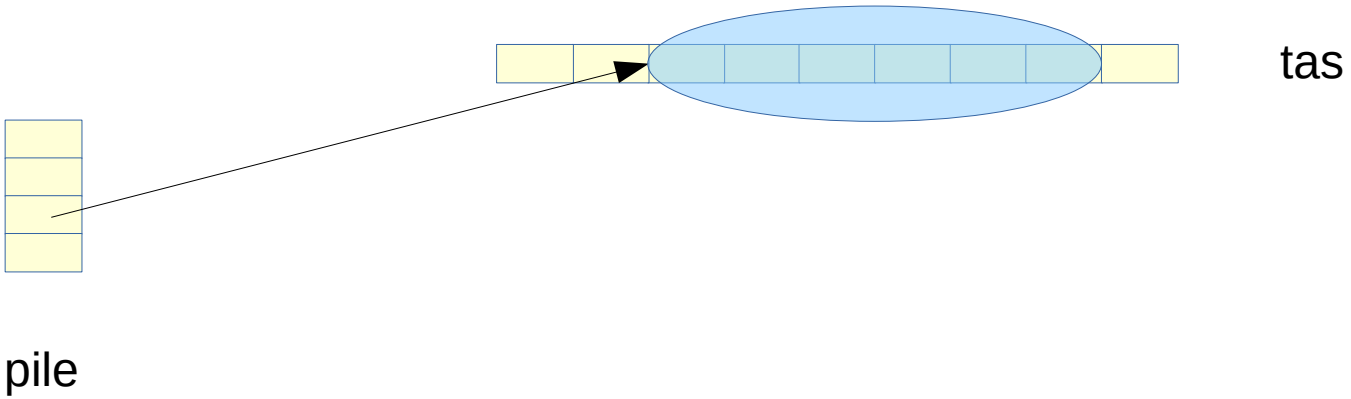
- Les méthodes des interfaces sont **abstract** par défaut
- Le mot clé **default** est le dual de **abstract**

```
interface Product {
  String title();    // abstract
  default boolean titleStartsWith(String prefix) {
    return title().startWith(prefix);
  }
}
record Book(String title, String author)
    implements Product { }
```

Classe (pour la Virtual Machine) et liaison tardive

Objet, référence et mémoire

Un objet en Java correspond à une addresse mémoire non accessible dans le langage*



* les GCs peuvent bouger les objets en mémoire

Objet et mémoire

Le contenu d’un objet est

- alloué dans le tas (par l’instruction **new**)
  - Pas sur la pile !
  - Accessible par n’importe quel code

- Libéré par un ramasse miette (Garbage Collector) de façon non prédictible

Classe et header

En plus des champs définies par l'utilisateur, un objet possède un entête contenant la classe ainsi que d'autre info (hashCode, le moniteur, l'état lors d'un GC, etc)

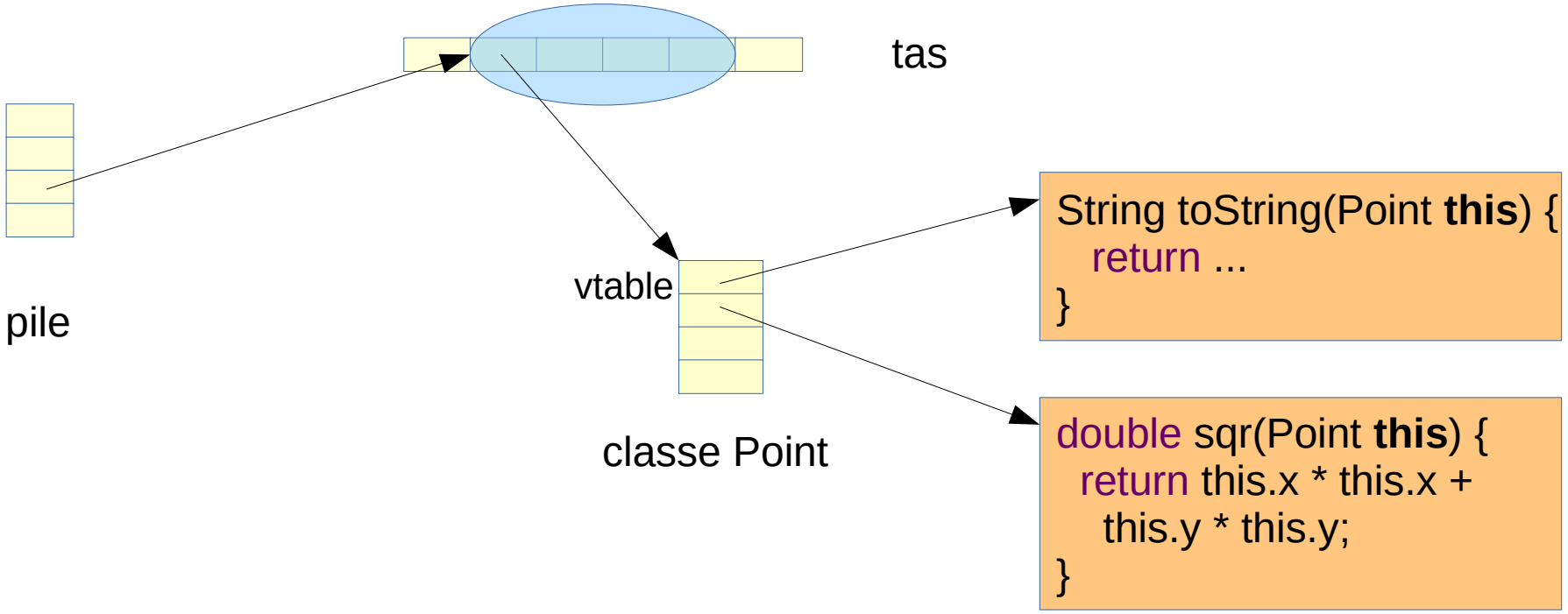
```
class Point {
                // pointeur sur la classe +
                // hashCode + lock + GC bits = header 64bits*
  int x;        // int => 32bits => 4 octets
  double y; // double => 64bits => 8 octets
}
```

Tous les objets connaissent leur classe !

* la vrai taille du header dépend de l'architecture et de la VM

Méthode d'objet et mémoire

En mémoire, une méthode d'instance est un pointeur de fonction stockée dans la classe



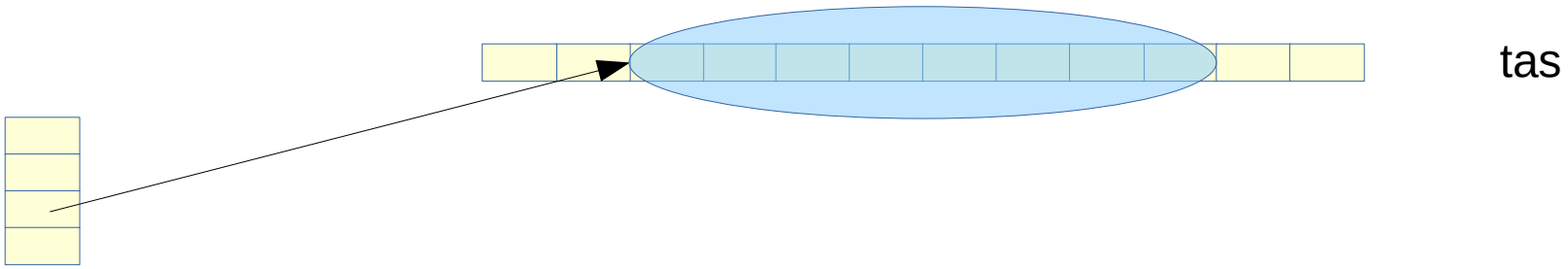
Une méthode d'instance possède
un paramètre **this implicite** (que le compilo ajoute)

Héritage

La taille d'un objet est calculée en parcourant l'ensemble des classes parentes pour trouver les champs

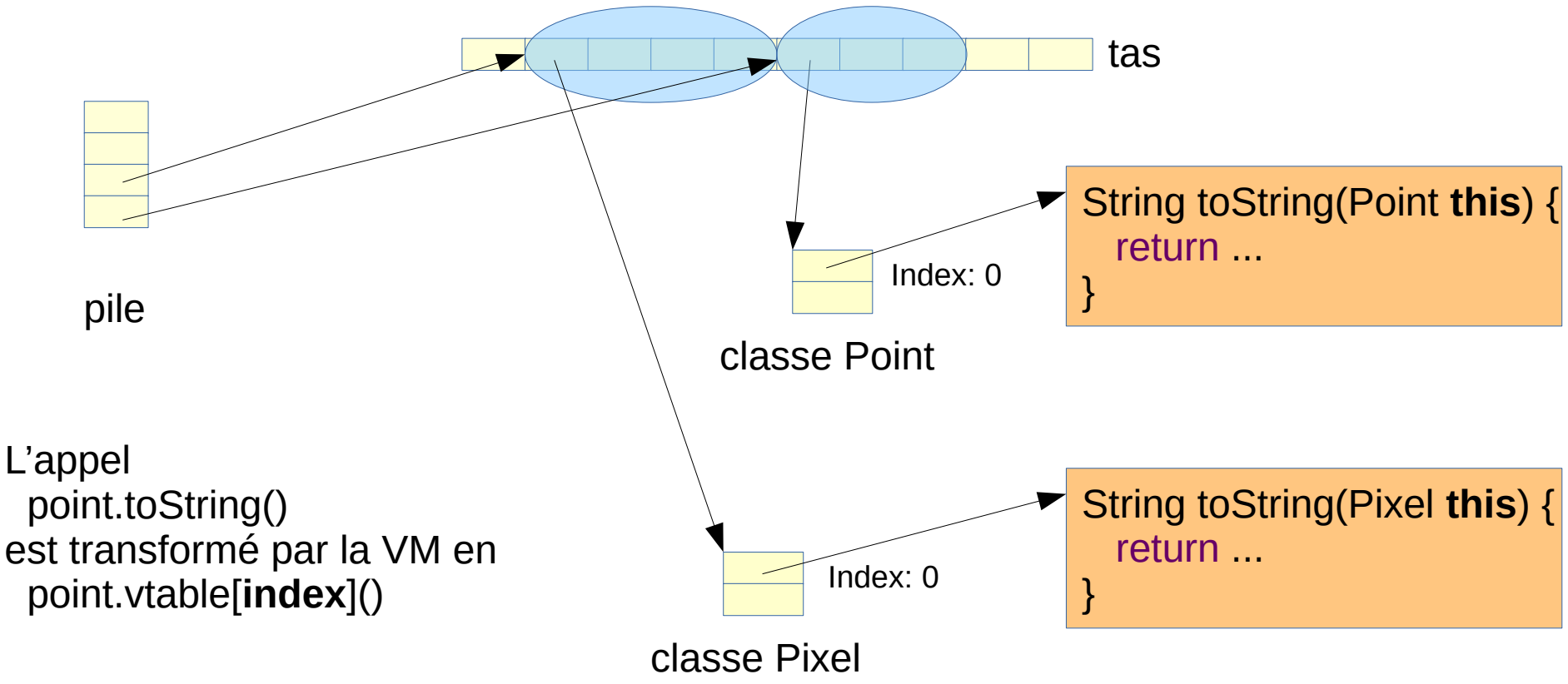
donc, c'est la même représentation en mémoire

```
class Pixel extends Point {
                // pointeur sur la classe +
                // hashCode + lock + GC bits = header 64bits*
                // 12 octets de Point (x et y)
  int color;  // int => 32 bits → 4 octets
}
```



Appel Polymorphe

Si il y a redéfinition (*override*) entre deux méthodes alors les pointeurs de fonctions correspondant sont au même index dans la vtable



Champ statique et constante

Une constante (un #define en C) est un champs static et final

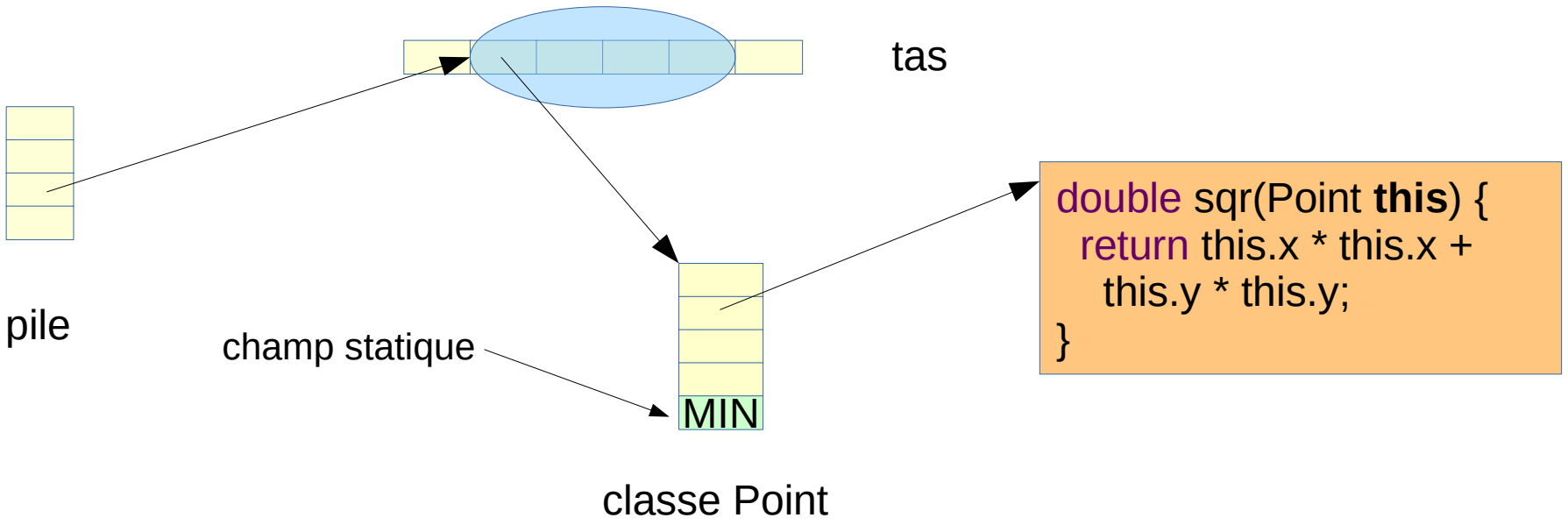
```
record Color(int red, int green, int blue) {
  Color {
    if (red < MIN || red > MAX) { throw new IAE(...); }
    ...
  }

  static final int MIN = 0;
  static final int MAX = 255;
}
```

final veut dire initialisable une seul fois

Champ statique et mémoire

Un champ statique est une case mémoire de la classe



La valeur d'un champ statique est indépendante de la référence sur un objet (les valeurs sont stockées après la vtable)

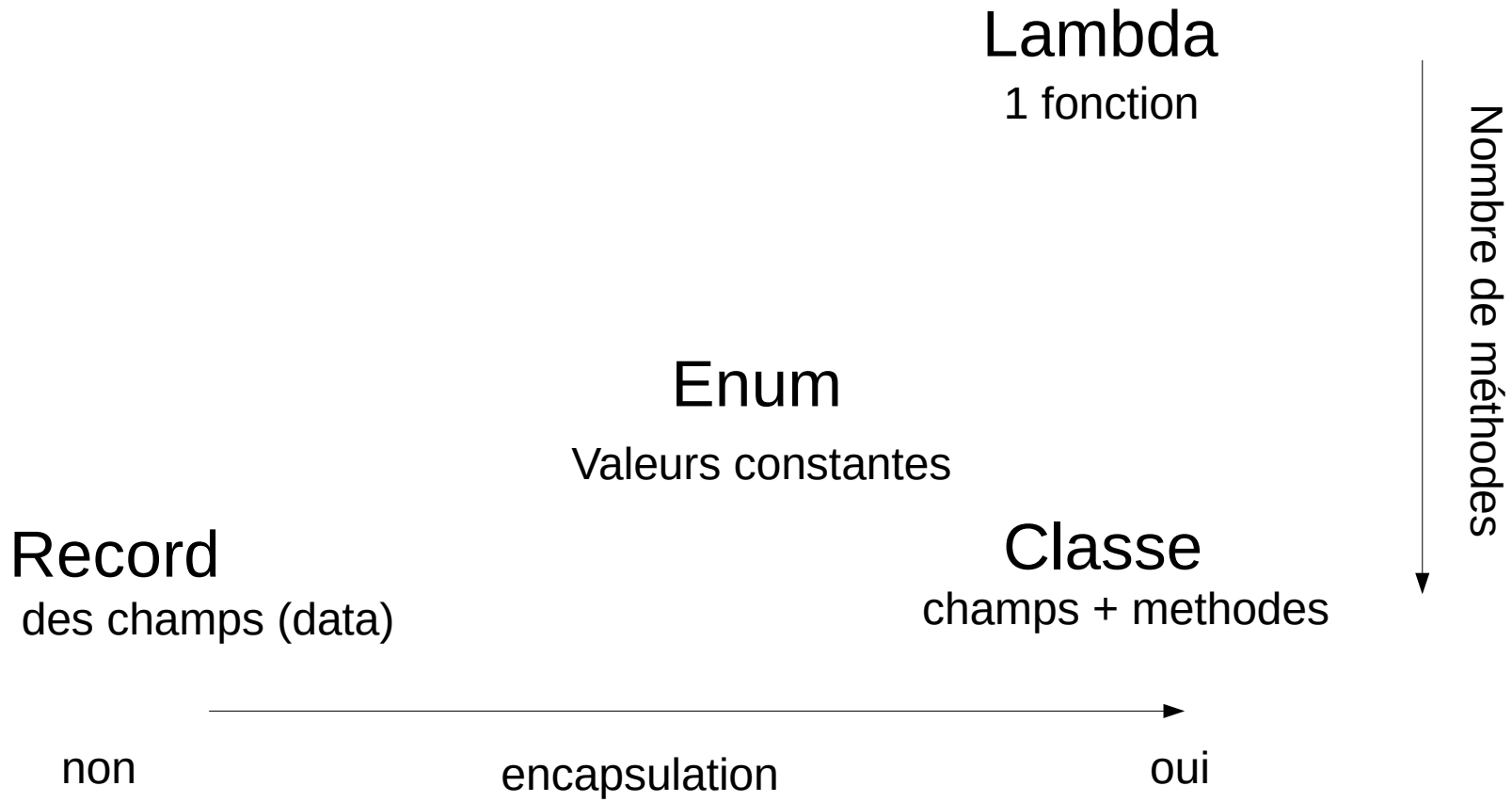
Record, Lambda et Enum

Représentations simplifiées

Les **records,** les **lambdas** et les **enums** sont des représentations simplifiés des classes

- Evite d’écrire trop de code (less boilerplate)
- Met en avant les bonnes pratiques
- Indique l’intention du developpeur

Représentations simplifiées



Enum comme une Classe

Un Enum a que des valeurs (instances) constantes

```
enum Option {
  READ, WRITE, READ_WRITE
  ;
  public boolean isReadable() {
    return switch(this) {   // les constantes sont numérotées automatiquement
      case READ, READ_WRITE → true;
      case WRITE → false;
    };
} }
```

est équivalent à

```
class Option extends java.lang.Enum {
  private Option(String name, int ordinal) { super(name, ordinal); }

  public static final Option READ = new Option("READ", 0);
  public static final Option WRITE = new Option("WRITE", 1);
  public static final Option READ_WRITE = new Option("READ_WRITE", 2);

  public boolean isReadable() { … }
}
```

Lambda comme une classe

Lambda

```
int x = 3;
IntBinaryOperator op = (a, b) → a + b + x;  // la valeur de x est capturée
```

est équivalent à

```
class $lambda1$IntBinaryOperator  // nom généré
  implements IntBinaryOperator {

  private final int x;
  $lambda1$IntBinaryOperator(int x) { this.x = x; }


  @Override
  public int applyAsInt(int a, int b) {
    return a + b + x;
  }
}
```

- ```
  int x = 3;
  IntBinaryOperator op = new $lambda1$IntBinaryOperator(x);
  ```
  ```

Restrictions sur les lambdas

Force les bonnes pratiques

Une lambda doit avoir une interface comme type

- Elle ne peut pas implanter une classe/classe abstraite
- L'interface doit être fonctionnelle
  - Avoir 1 seule méthode abstraite
    (les méthodes statiques et par défaut sont autorisées)

Les variables capturées doivent être effectivement *final* (assignée 1 seul fois)

Java capture les valeurs pas les variables

Record comme une Classe

Un record ne permet pas l'encapsulation

```
record Point(int x, int y) {  // x et y sont des composants (pas de modificateur)
  // pas de champ supplémentaire ici !
  public double distanceToOrigin() { return Math.sqrt(x * x + y * y); }
}
```

est équivalent à

```
class Point {
  private final int x;  // champs forcément final
  private final int y;

  public Point(int x, int y) { this.x = x; this.y = y; }  // constructeur canonique

  public int x() { return x; }  // accesseurs
  public int y() { return y; }

  + toString(), equals(Object) et hashCode() sont fournies

  public double distanceToOrigin() { return Math.sqrt(x * x + y * y); }
}
```

Restrictions sur les records

- Force les bonnes pratiques
  - Champs
    - Pas de champ explicite (que des composants)
  - Constructeurs
    - Constructeur canonique
      - Le noms des paramètres doit être le même que les composants
      - Pas d’exceptions checkées !
    - Surcharge d’un constructeur => Délégation
  - Accesseurs
    - Peuvent être redéfinie (oublier pas @Override)

Constructeur compacte

Un constructeur compacte est un constructeur canonique sans les assignations

```
record Person(String name, List<String> pets) {
  Person {  // pas de parenthèses !
    Objects.requireNonNull(name);
    pets = List.copyOf(pets);
  }
}
```

Les instructions

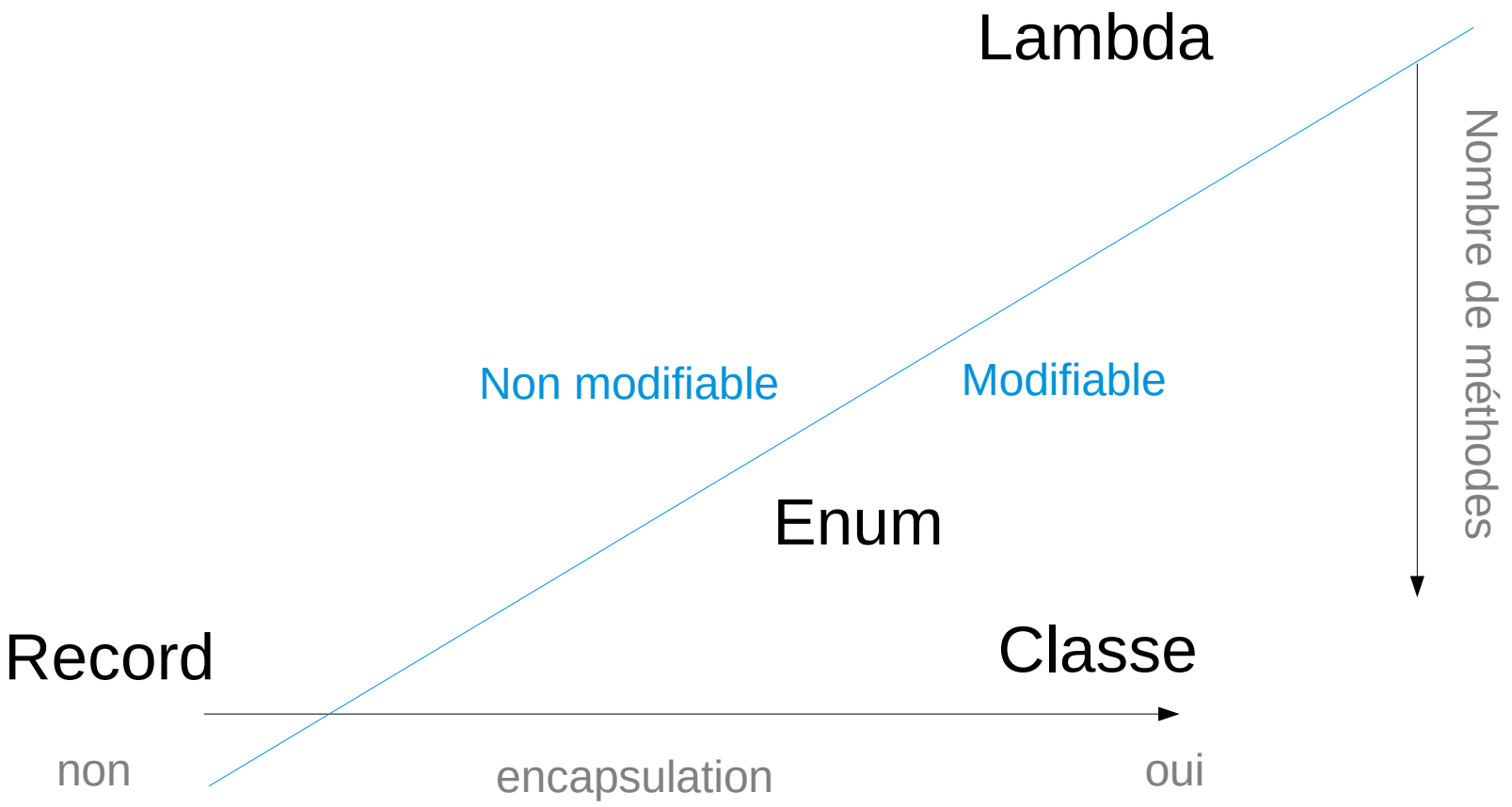
this.name = name et **this**.pets = pets

sont ajoutées à la fin

Contrôle des mutations

Les données des records et lambda sont non modifiables

Les données des classes et des enums peuvent être modifiables



Non Modifiable: Record et Lambda

Les composants d'un record sont non modifiables

```
record Point(int x, int y) {
  public void setX(int x) { this.x = x; }   // compile pas
}
var point = new Point(2, 3);
System.out.println(point.x());  // non modifiable :)
```

Les variables capturées par une lambda sont non modifiabes

```
int x = 3;
IntBinaryOperator op = (a, b) → a + b + x;
x = 5;  // compile pas
```

Les variables capturées des lambdas ne sont pas accessibles de l'extérieur