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

Fonctionnel (ou applicatif) (Scheme, Caml, Haskell)

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

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

- unités réutilisables, abstraites, contrôle les effets de bord

Orienté Data (SML, Caml, Haskell, F#)

- les données sont plus importantes que le code

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 :)

Java

Prog impérative
- Code séquentiel, Boucle, Collection (mutable)

Prog fonctionnelle
- Record, Lambda, String, Integer, Collection (non-mutable)

Prog déclarative
- Stream, Regex

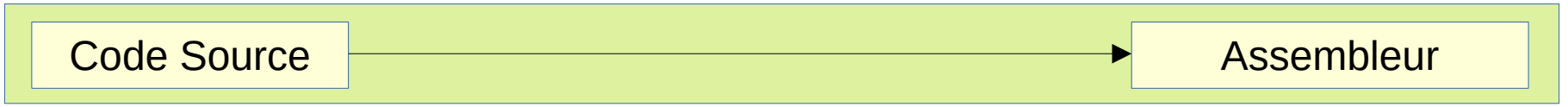
Prog Orienté Object (API)
- Classe (encapsulation), sous-typage, polymorphisme/liaison tardive

Prog Orienté Data
- Record, Sealed interface, Pattern Matching

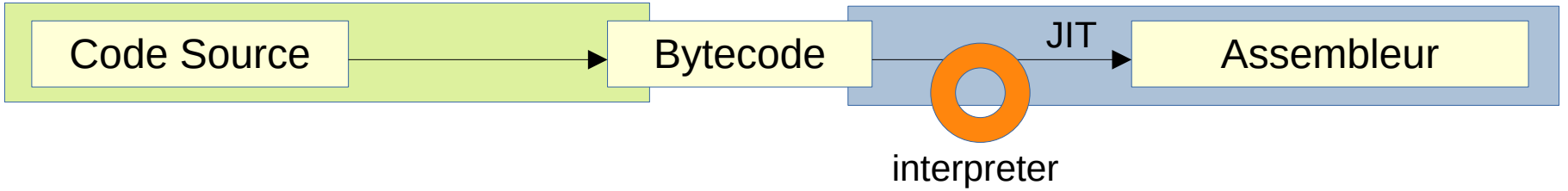
La plateforme Java

Le bytecode est portable

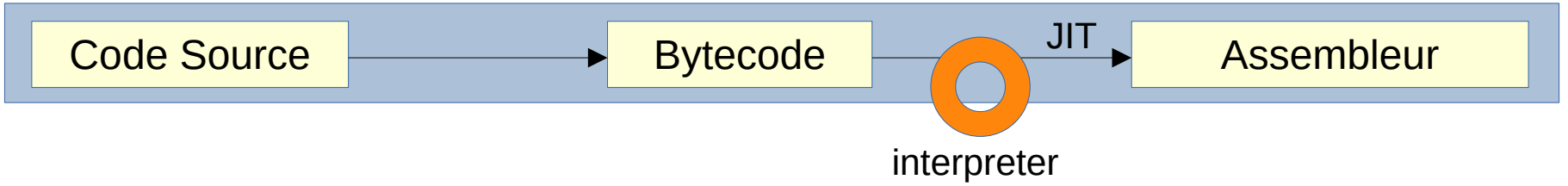
Modèle du C



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 OpenJDK, Amazon Coretto, Azul Zulu, SAP SapMachine, ...

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 1.0 - 1995)
- Type paramétré + Enum (Java 5 - 2004)
- Lambda + Stream (Java 8 - 2014)
- Record + Pattern matching (Java 21 - 2023)

Le monde selon Java
(Edition 2025)

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

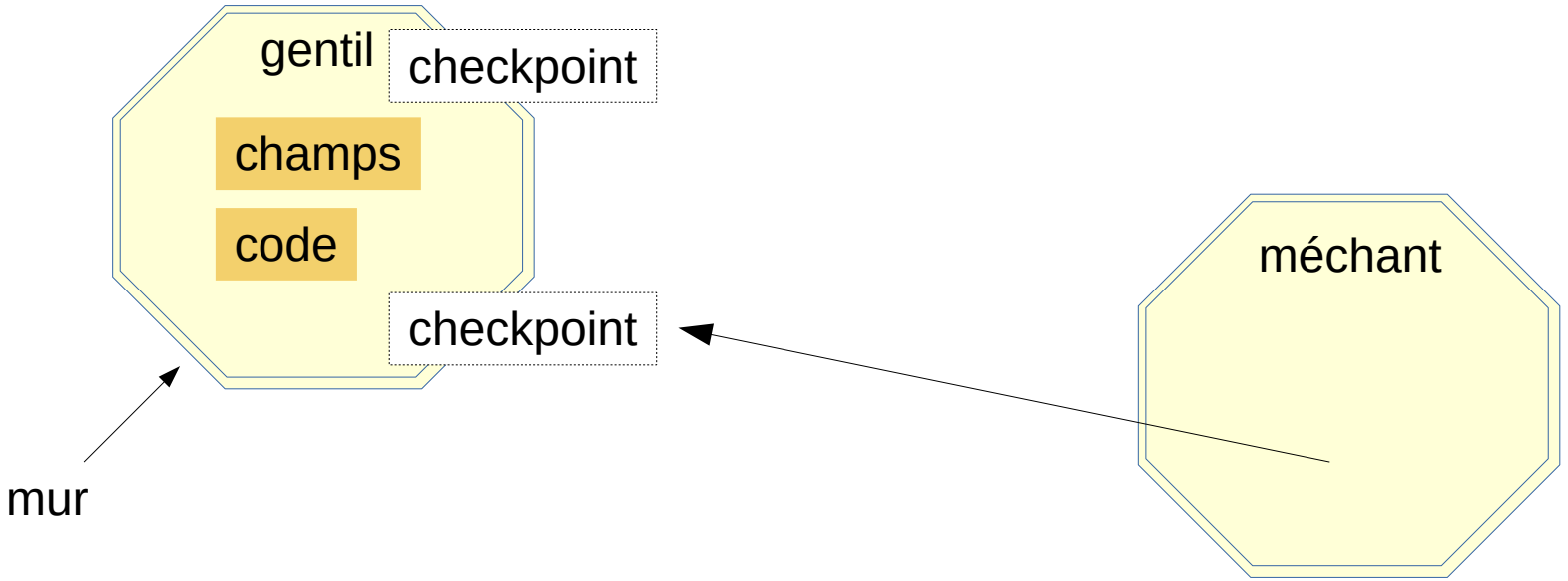
- Liason tardive (à l'exécution)

  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;  // oops mistake
  }
}

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;  // oops mistake
  }
}

var pets = new ArrayList<String>();  // mutable list
var person = new Person("John", pets);
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);  // defensive copy
  }
  ...
}

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

List peut être modifiable, ahh

Constructeur Flexible

Depuis Java 23 (en preview), on peut faire les assignations des champs AVANT l'appel au super()

```
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);
    super();
  }
  ...
}
```

Comme cela, même si on a du code après l'appel à super(), on a la garantie que les champs sont initialisés avant.

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

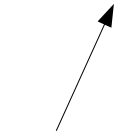
Typage

Java est un language typé (variables & champs)

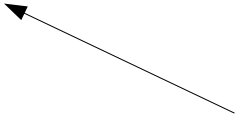
- le type est déclaré explicitement
  - **Point** point = ...
- ou implicitement
  - **var** point = **new** Point(…);

Les records, classes, interfaces sont aussi des types

Point point = **new Point**(…);



Type (record, class, interface)



record ou classe

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 !

Programmation Orienté Object

Sous-typage, Interface et Liaison tardive

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 S, 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 foo(….) {
  ...
  if (…) {
   v = new Car();
  } else {
   v = new Bus();
  }
  ...
  v.drive();   // type Car | Bus
}
```

Exemple 1

```
foo(new Car());
…
foo(new Bus());
...
void foo(… v) {
  ...
  v.drive();   // type Car | Bus
}
```

Exemple 2

Interface

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

On définie une interface

```
interface Vehicle { void drive(); }
```

On indique que A et B implémente I

```
record Car() implements Vehicle { public void drive() { … } }
record Bus() implements Vehicle { public void drive() { … } }
```

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

Liaison tardive (polymorphisme virtuel)

Lors de l'appel de méthode, la méthode de la classe à l'exécution est utilisée

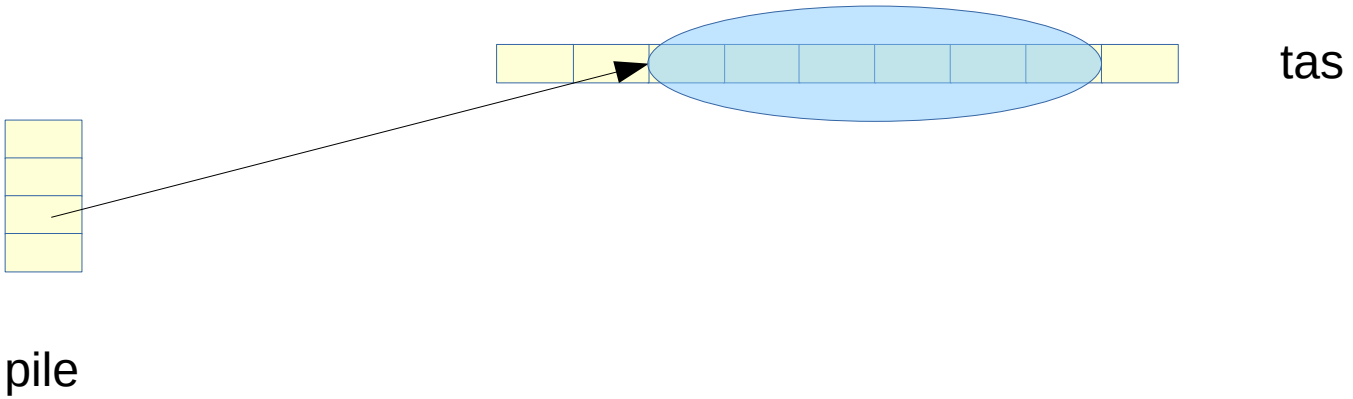
```
void driveAll(List<Vehicle> vehicles) {
  for(Vehicle vehicle: vehicles) {
    vehicle.drive();  // à la compilation Vehicle::drive()
                      // à l'exécution appel Car::drive()
                      //              puis appel Bus::drive()
  }
}


List<Vehicle> list = List.of(new Car(), new Bus());
driveAll(list);
```

Classe (pour la Virtual Machine) et liaison tardive

Objet, référence et mémoire

Un objet en Java correspond à une adresse 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)

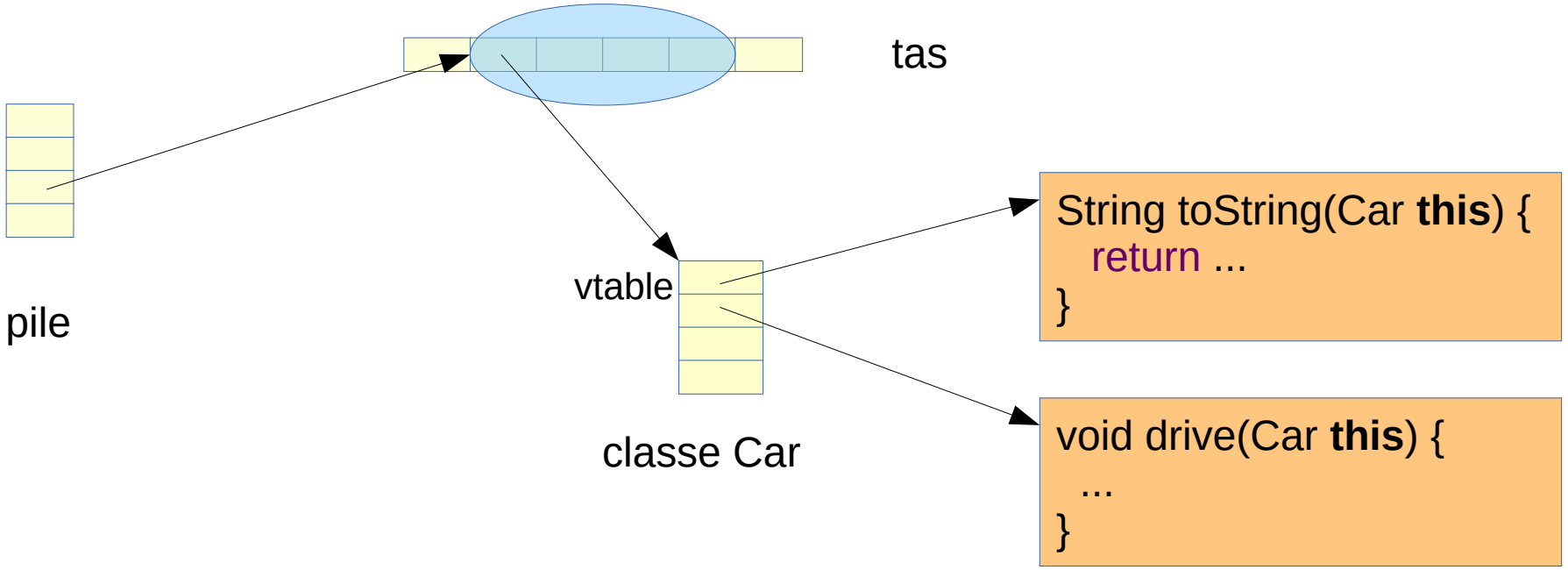
```
class Car {
                        // pointeur sur la classe +
                        // hashCode + lock + GC bits = header 64bits*
  int seats;             // int => 32bits => 4 octets
  double weight; // double => 64bits => 8 octets
}
```

Tous les objets connaissent leur classe !

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

Méthode d’objet et mémoire

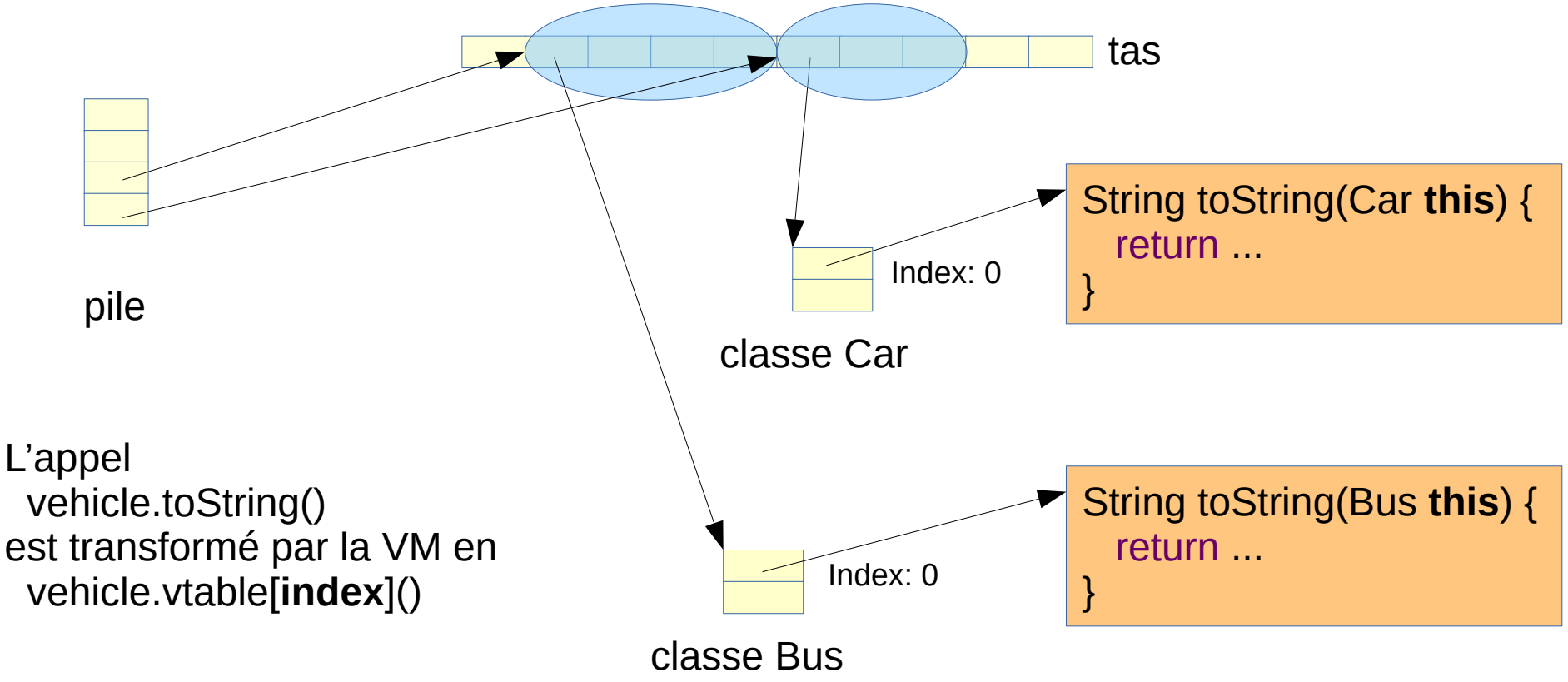
En mémoire, une méthode d’instance est un pointeur de fonction stockée dans la classe



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

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**

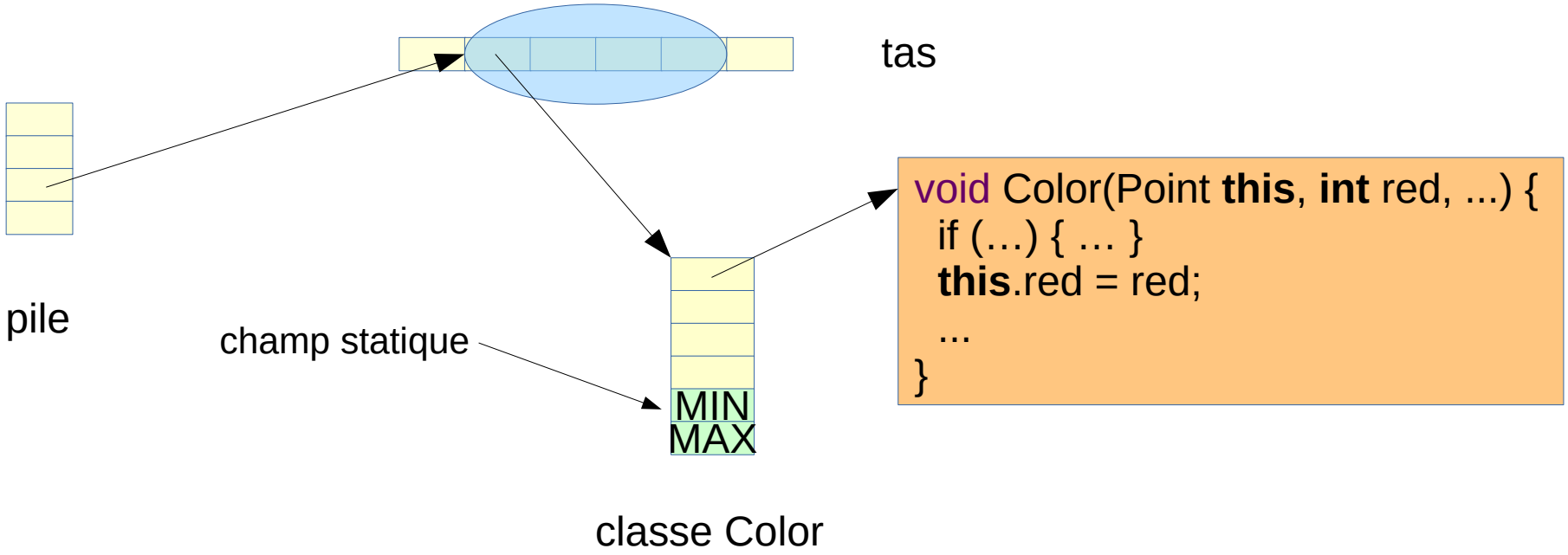
```
record Color(int red, int green, int blue) {
  Color {
    if (red < MIN || red > MAX) { throw new IAE(...); }
    ...
  }

  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)

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

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 (pas de classe non mutable, par ex.)
- Les enums, les annotations (2004) et les records (2021) ne supportent pas l'héritage
  - Les langages *mainstream* créés depuis 2010, Rust et Go, ne supportent pas l'héritage non plus.

Délégation vs Héritage

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

```
public class Car extends ArrayList<Passenger> {
  // my public API get all the methods of ArrayList, ahhhh
}
```

On utilise la délégation pour controler l'API

```
public final class Car {
  private final ArrayList<Passenger> passengers = new ArrayList<>();

  public void add(Passenger passenger) {
    Objects.requireNonNull(passenger);
    passengers.add(passenger);
  }
}
```

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'implanter une interface

```
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 abstraite ne doit **pas** être **publique**
    - **=> sinon cela empèche le refactoring**
  - la classe abstraite et les sous-classes doivent être dans le même package

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

Programmation Orienté Data

Types fermés et Pattern Matching

Liaison tardive vs instanceof

On peut écrire le même code

- soit en utilisant la liaison tardive
- soit en utilisant une cascade de instanceof

```
interface Vehicle {
  void drive();
}
record Car() implements Vehicle {
  public void drive() { /* 1 */ }
}
record Bus() implements Vehicle {
  public void drive() { /* 2 */ }
}
```

```
interface Vehicle { }
record Car() implements Vehicle { }
record Bus() implements Vehicle { }

public void drive(Vehicle vehicle) {
  if (vehicle instanceof Car car) {
    /* 1 */
  } else if (vehicle instanceof Bus bus)
{
    /* 2 */
  }
  throw new ISE(…);
}
```


BEURK

Instanceof est pas maintenable

Le pattern matching vérifie **l'exhaustivité** du switch si l'interface est scéllée (sealed)

```
interface Vehicle { }
record Car() implements Vehicle { }
record Bus() implements Vehicle { }

public void drive(Vehicle vehicle) {
  if (vehicle instanceof Car car) {
    /* 1 */
  } else if (vehicle instanceof Bus bus) {
    /* 2 */
  }
  throw new ISE(…);
}
```

BEURK

```
sealed interface Vehicle
    permits Car, Bus { }
record Car() implements Vehicle { }
record Bus() implements Vehicle { }

public void drive(Vehicle vehicle) {
  switch(vehicle) {
    case Car car -> /* 1 */
    case Bus bus -> /* 2 */
    // pas de default !
  }
}
```

MIEUX

Liaison tardive vs pattern matching
(Wadler's Expression Problem)

On peut

- soit étendre en ajoutant des sous-types (liaison tardive)
- soit des nouvelles opérations (pattern matching) mais pas les deux

```
interface Vehicle {
  void drive();
}
record Car() implements Vehicle {
  public void drive() { /* 1 */ }
}
record Bus() implements Vehicle {
  public void drive() { /* 2 */ }
}
```

On permet d'ajouter des sous-types

```
sealed interface Vehicle
   permits Car, Bus { }
record Car() implements Vehicle { }
record Bus() implements Vehicle { }

public static void drive(Vehicle vehicle) {
  switch(vehicle) {
    case Car car -> /* 1 /
    case Bus bus -> /* 2 */
  }
}
```

On permet d'ajouter des opérations

Patterns acceptable par un case

- Le *type pattern* (on match le type ou un sous-type)
  Type variable
- Le *record pattern* (on décompose les composants d'un record)
  Type(pattern_component1**,** pattern_component2**)**
- Le *var pattern* (on infère le type)
  var variable
- Le any pattern (reconnait n'importe quoi)
  _

Exemple

```
switch(vehicle) {
  case Car(var weight, _) - >  … // record pattern + var pattern + any pattern
  case Bus bus - >  … // type pattern
}
```

Case *null* et *guard*

- null est pas accepté à part si il y a un “case null”
  - case null
- Guard, on peut spécifier un guard avec “when” après un “case”
  - case … when x == 2

Exemple

```
record Point(int x, int y) { }

switch(point) {
  case null - >  …                                  // on match null
  case Point(int x, int y) when x == y -> …  // seulement si x == y
  case Point(int _, int _) ->  …                    // dans les autres cas
}
```

Les patterns en *preview*

- *Primitive pattern* (match si on peut caster sans perte)
  - case long value - >

Exemple

```
record Point(int x, int y) {}

switch(object) {
  case Point(long x, int y) - >   // primitive pattern
  ...
}
```

Instanceof + switch expression

Instanceof peut utiliser les mêmes pattern que le switch

```
Vehicle vehicle = …
if (vehicle instanceof Car(var seats, var weight)) {
  // on peut utiliser seats et weight ici !
}
```

Rappel: un switch peut renvoyer une valeur

```
var text = switch(object) {
  case String s -> s;
  case Object o -> {
    yield o.toString();  // on utilise yield pour indiquer la valeur
  }                      // d'un bloc
};
```

Programmation Orienté Donnée

Les données sont plus importantes que le code

Si les données changent, le compilateur doit indiquer où faire les changements

On declare des types fermés

- records, enums, classes *final*, interfaces *sealed*

On utilise le *pattern-matching*

- le switch est exhaustif (pas de default)
- *record pattern* plutôt que *type pattern*
  - on vérifie la forme des données

En résumé

Le langage Java

- OOP (Encapsulation, interface, liaison tardive)
- FP (Non-mutable, lambda, interface fonctionnelle)
- DOP (interface scellée, pattern matching)

Applications vs libraries

- Dans une application, les interfaces sont *sealed*, dans une librarie les interfaces sont *non-sealed*.