skyguide

ENSG Géomatique

# Principes et paradigmes

Présenté par Yann Caron
skyguide

ENSG Géomatique

# Plan du cours

Compilation vs Interpretation

Typage

Portée

Les différents paradigmes

# But

- Faire un inventaire des différentes caractéristiques des langages
- Typage ?
- Portée ?
- Paradigmes :
  - Impératif ? Structuré ?
  - Fonctionnel ?
  - Objet ? MOP ? AOP ? Duck Typing ?
  - Par contrat ?
  - Logique ?

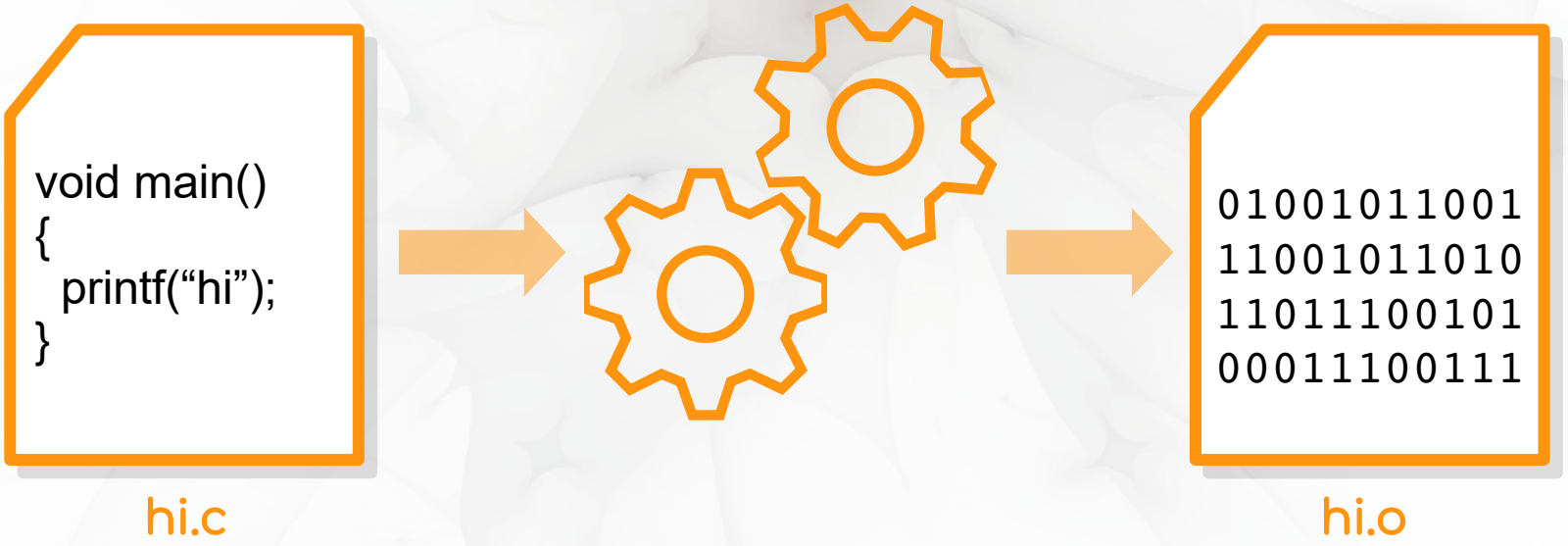
# Compilateurs vs Interpreters

# Constatation

- ✔ Différence d'implémentation du CodeGen
- ✔ Les deux sont très similaires, seul la "sortie" est différente
- ✔ Le compilateur génère du code machine dans un fichier binaire
- ✔ L'interpreteur exécute le programme en mémoire

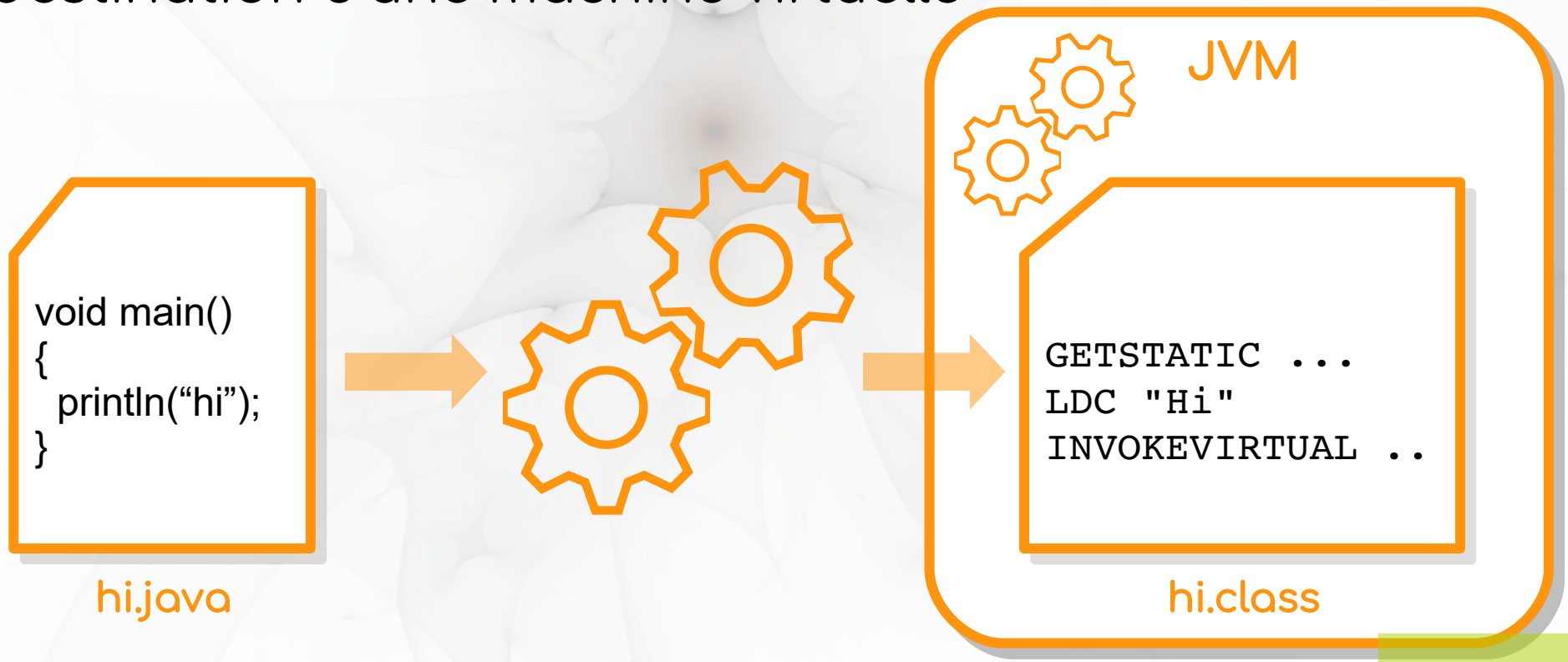
# Compilateur - définition

Le programme est transformé en code machine dans un fichier



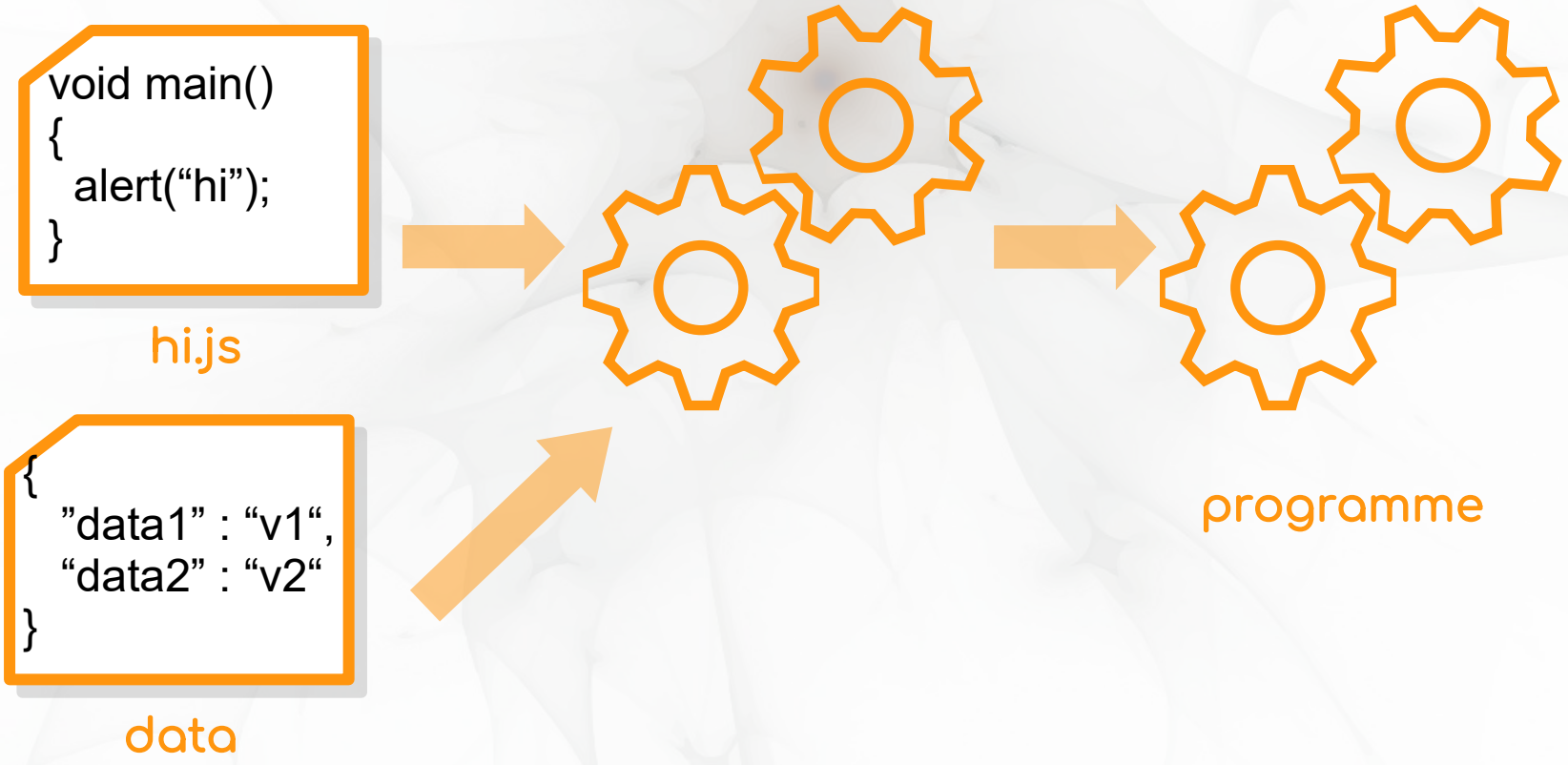
# Compilateur - hybride

Le programme est transformé en code machine à destination d'une machine virtuelle



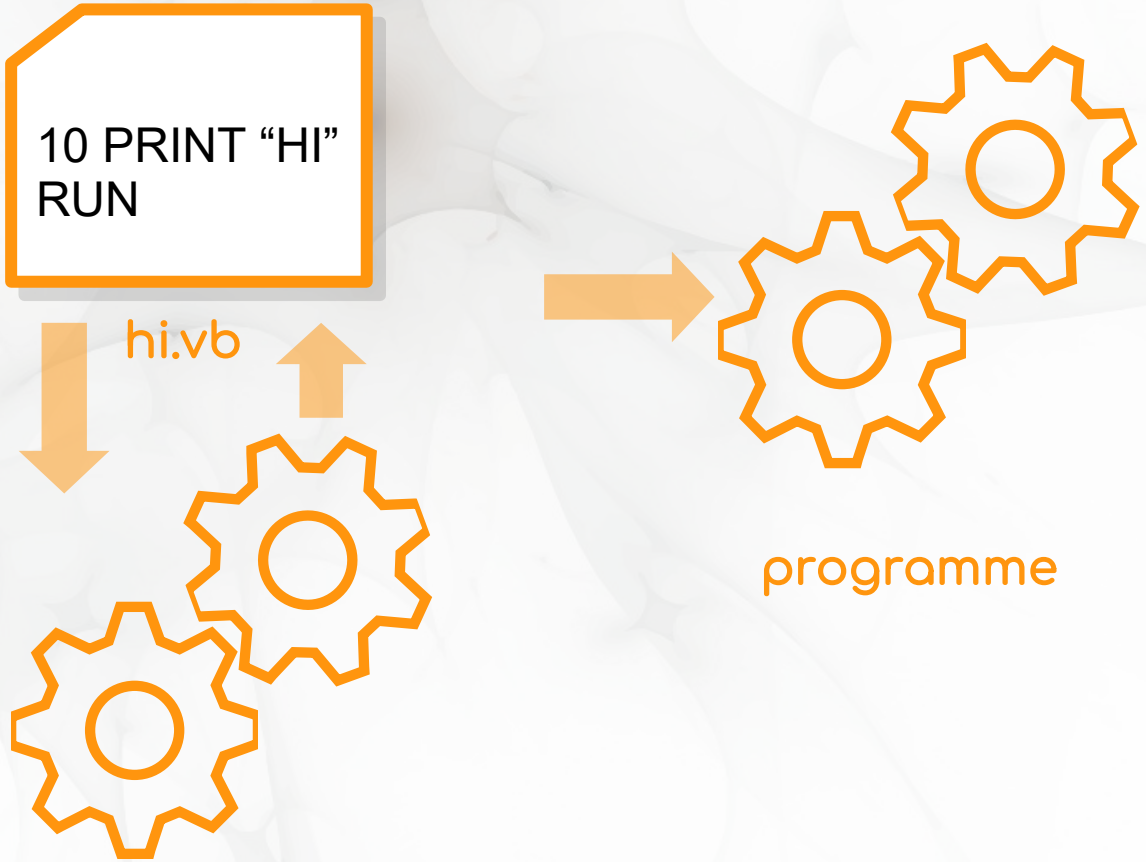
# Interpréteur - définition

Le programme et les données sont transformés directement en résultat



# Interprétation directe

Les premières versions de Basic. Le programme est exécuté à mesure qu'il est analysé



# Comparatif - Compilation

- Pour :
  - Meilleures performances
  - Opportunités d'appliquer des optimisations (analyse sémantique)
- Contre:
  - Rigide et plus complexe (ex : Généricité, Templates)
  - Faible portabilité

# Comparatif - Interprétation

- Pour :
  - Flexible et plus simple à mettre en œuvre
  - Langage dynamiques (MOP)
  - Exécution à la volée

- Contre:
  - Coût sur les performances
  - Coût mémoire
  - Analyse minimale → détection d'erreur à posteriori

# Compromis

- Une machine virtuelle permet de tirer parti des deux mondes :

- Portabilité ( code once run anywhere de java )
- Optimisations ( JIT )
- Analyse sémantique poussée
- Typage hybrides ( Java object & cast )

# Typage ?

- Le typage ( statique vs dynamique ) est il inhérent à la méthode d'exécution ( compilé vs interprété ) ?
- Python ?
- Common LISP ?

# Typage

# Enjeu

- Compromis entre la flexibilité et la robustesse
- Robustesse : Détecter le maximum d'erreurs lors de la phase de compilation
- Cela induit de la rigidité : exemple des génériques de Java 5
- Typage fort vs faible est trop flou

# Typage statique vs dynamique

- Statique lorsque la vérification s'effectue lors de la compilation

- Dynamique lorsque celle ci est effectuée lors de l'exécution

# Typage explicite vs implicite

- Explicite, est exprimée dans le programme

```
int i = 0;
```

- Implicite (ou inférence) ; est déduite par analyse ou lors de l'exécution

```
let i = 0;
```

# Types composés - tableaux

- Les tableaux
  - Ensemble non fini d'éléments du même type

```
char t[] = {'a','b','c','d','e','f','g'};
```

- La liste en est un cas particulier (redimensionnable dynamiquement)

# Types composés – structure (C#)

- Les structures
  - Ensemble fini d'éléments de type différents

```
public struct Point
{
    public float X;
    public float Y;
    public string Name;
}
```

# Types composés – tuples (C#)

- Les tuples
  - Cas particulier de structures immutables (programmation fonctionnelle)

```
public class Unit<T1> {

    private final T1 value1;

    public T1 getValue1() {
        return value1;
    }

    public Unit(T1 value1) {
        this.value1 = value1;
    }
}
```

```
public class Pair<T1, T2> extends Unit<T1> {

    private final T2 value2;

    public T2 getValue2() {
        return value2;
    }

    public Pair(T1 value1, T2 value2) {
        super(value1);
        this.value2 = value2;
    }
}
```

# Types composés – union (C)

- Peut alternativement être de plusieurs types différents

```
public union Jour
{
    public char Lettre;
    public char Numéro;
}
```

# Types récursifs

- Un type de donnée qui peut contenir des données de son type
  - En Haskell

```haskell
data List a = Nil | Cons a (List a)
```

  - En Java

```java
class List<E> {
    E value;
    List<E> next;
}
```

# Types récursifs

- S'applique à la création des listes chaînées
- S'applique à la création des arbres
  - Cf : Gof Composite

- Observation : une liste chaînée est un cas particulier de l'arbre. Un arbre dont tous les parents n'auraient qu'un seul enfant.

# Types énumérés

- Ensemble fini de valeurs possibles pour une variable

```
public enum PrimaryColor {
     RED, BLUE, YELLOW;
}
```

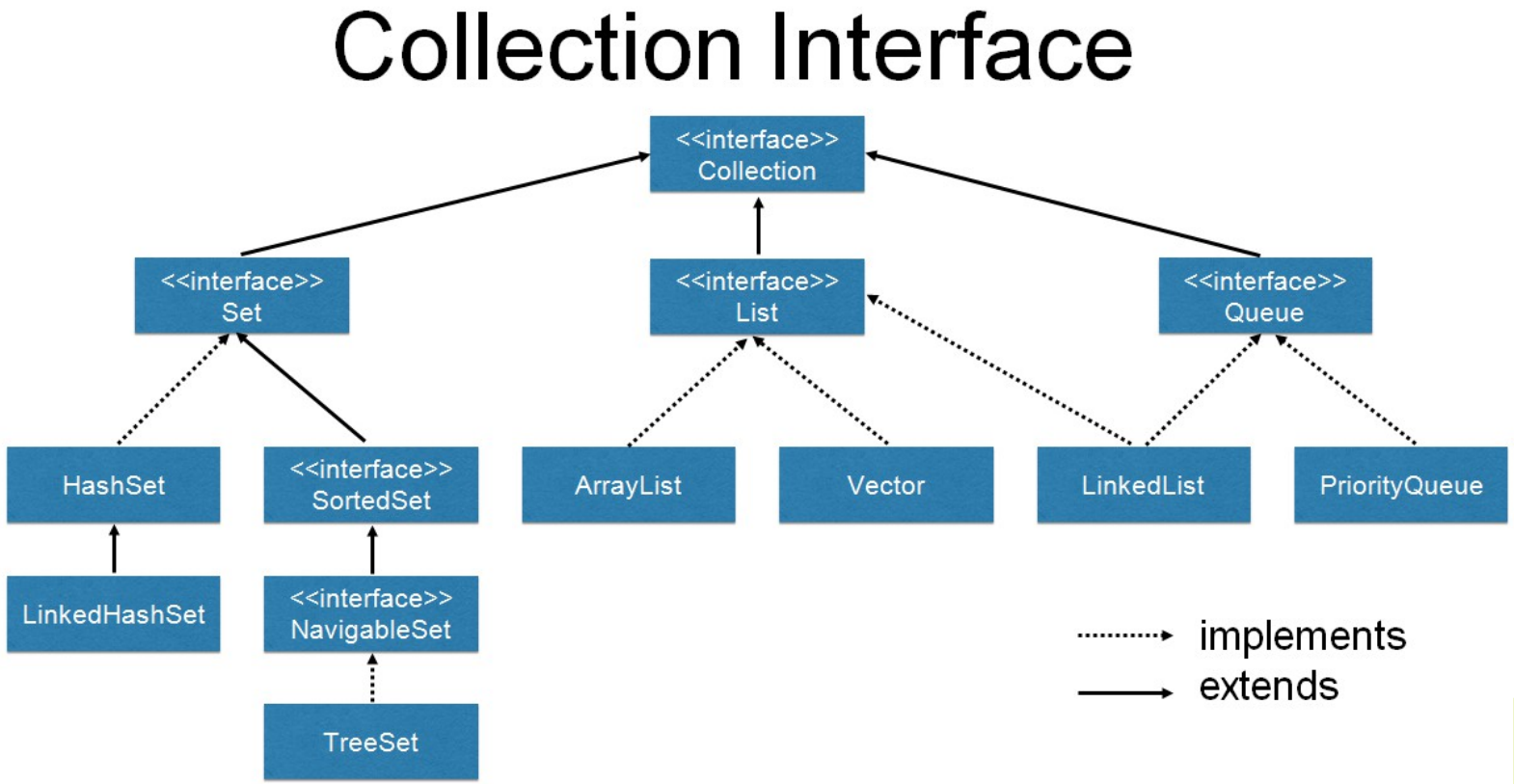
# Types paramétrés

- Cas des “generics” en Java et C#
- Templates en C++

```
class List<E> {
    E value;
    List<E> next;
}
```

# Types hiérarchiques

- Exemple la hiérarchie de classe en Java



# Portée

# Définition

- La portée est la portion de programme où la variable nommée est atteignable

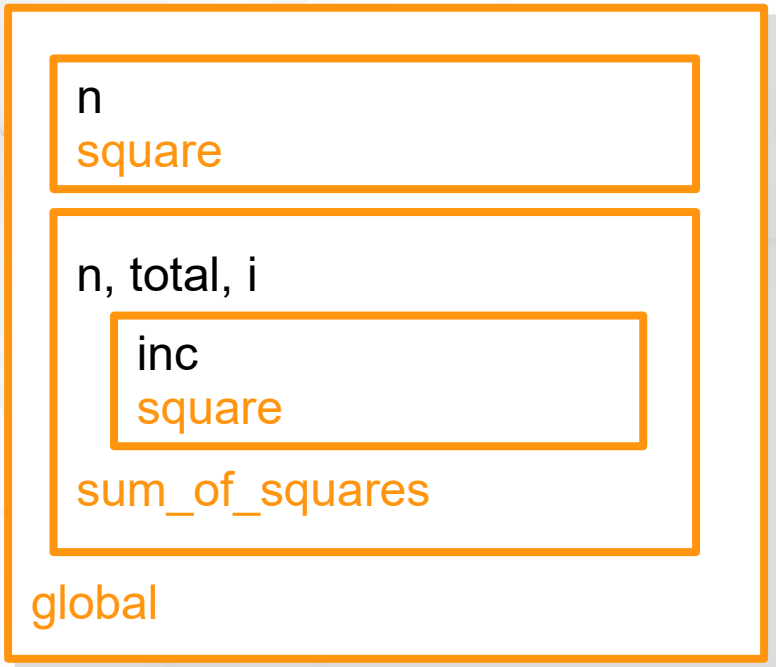
# Portée globale

- Toutes les variables déclarées sont ajoutées dans la mémoire globale du programme
- Elles sont de fait accessible de n'importe quelle portion du programme
- Cas du Basic à ses débuts
- Inconvénient : Collision de noms et masquage intentionnel
- Mots clés : local, global
- Mauvaise pratique (effets de bord)

# Portée lexicale (statique)

- La portée des variables est relative à l'emplacement où elles sont déclarés dans

```
def square(n):
  return n * n

def sum_of_squares(n):
  total = 0
  i = 0
  while i <= n:
    inc = 1
    total += square(i)
    i += inc
  return total
```



# Portée dynamique

- La portée des variables est relative au flux d'exécution

Lisp

```
(defun foo1 ()
  (message "%s" a)) // 1

(defun foo2 ()
  (let ((a 2))
  (message "%s" a))) // 2

(defun foo3 ()
  (let ((a 1))
    (foo1)
    (foo2)))
```

# Portée implicite vs explicite

- Problématique de création des variables
- Explicite ; un mot clé détermine ou est créer la variable

JavaScript

```
function makeCounter() {
   var counter = 0; // new variable
   return function inc() {
      counter = counter + 1; // reassign higher level
      return counter;
   }
}
```

# Portée implicite vs explicite

- Implicite ; si la variable est inconnue, elle est créée. Le programme réassigne en remontant dans les portées jusqu'à trouver la variable concernée


CoffeeScript

```
makeCounter = ->
  counter = 0 # new variable
  return ->
    counter = counter + 1 # reassign higher level
    return counter
```

# Portée implicite vs explicite

- Intermédiaire ; Les variables sont créées de façon implicite, c'est la réassignation qui est explicite

Python

```
def make_counter():
    counter = 0 # new variable
    def inc():
        nonlocal counter
        counter = counter + 1 # reassign higher level
        return counter
    return inc
```

# Mutabilité des variables

- Variable définie une seule fois et accessible en lecture seule
- Mot clé : final, const
- Bonne pratique de programmation : immutabilité pour limiter les effets de bords
- Langages fonctionnels pures : réfutent la mutabilité des données

# Variant

- Programmation réactive

```
int a = 7;
int b = 7;
int c = a + b;
a = 10;
```

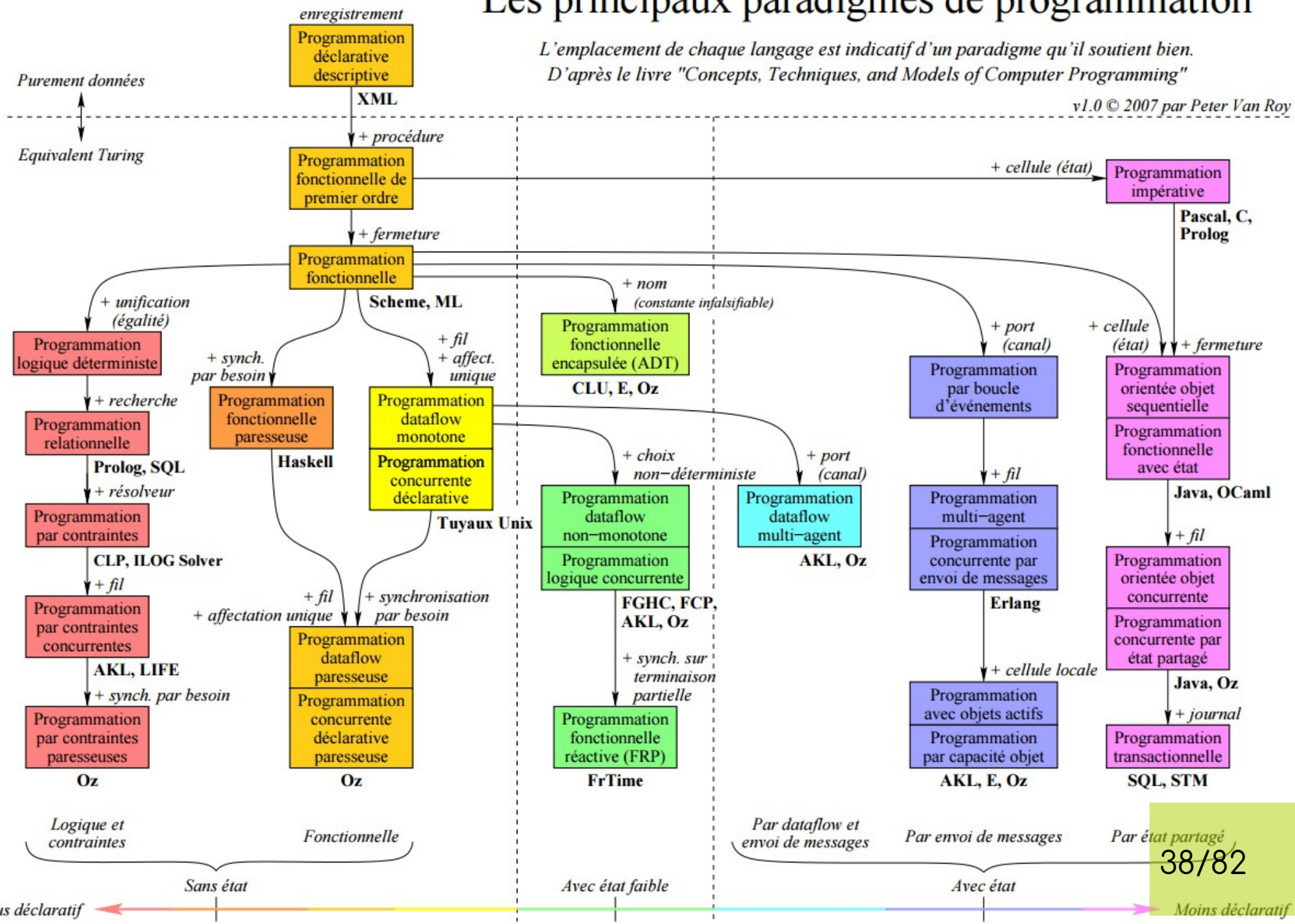
- Que vaut c à présent ?
- 14 ou 17 ?

# Paradigmes

# Les principaux paradigmes de programmation

*L'emplacement de chaque langage est indicatif d'un paradigme qu'il soutient bien.*
*D'après le livre "Concepts, Techniques, and Models of Computer Programming"*

*v1.0 © 2007 par Peter Van Roy*



# Programmation impérative

```
L0
 ICONST_0
 ISTORE 1
L1
 GOTO L2
L3
 IINC 1 1
L2
 ILOAD 1
 BIPUSH 10
 IF_ICMPLT L3
L4
 RETURN
L5
```

- Langage machine

  ( load / jump )

```
int i = 0;

while (i < 10) {
      i++;
}
```

# Impératif non structuré

Dijkstra 1930

- IF / GOTO – BASIC
- Edsger Wybe Dijkstra : "Go To Statement Considered Harmful"

```
10 LET I = 0
20 IF I >= 10 THEN GOTO 50
30 I = I + 1
40 GOTO 20
50 ...
```

# Impératif structuré

- Séquence d'instructions
- Assignation
- Conditionnelle : If then else elseif
- Boucles : for, while, until
- Branchements : Goto ou appel de procédures

```
LET I = 0
DO
    I = I + 1
LOOP WHILE I < 10
```

# Orienté Objet

- (Classes ou prototype) : Définition de types complexes
- Objets : Instances de ces types


```java
public class Character {
    private final String name;
    public Character(String name) {
        this.name = name;
    }
}

public static void main(String[] args) {
    Character instance1 = new Character("Dupont");
    Character instance2 = new Character("Tintin");
}
```

# Orienté Objet

- Propriétés : états de l'objet (attribut est privé)
- Méthodes : comportements de l'objet
- Évènements : signal que peut émettre l'objet (callback)

- Portée : private, package, protected, public
- Immutabilité : final
- Class / Instance : static

# Orienté Objet : Concepts

- Encapsulation : Les données et les méthodes qui les manipulent sont cachées du reste de l'application
- Composition : Un objet peut en contenir un autre dans ses attributs
- Délégation : Un objet peut en manipuler un autre au travers sa variable d'instance

# Orienté Objet : Dispatch

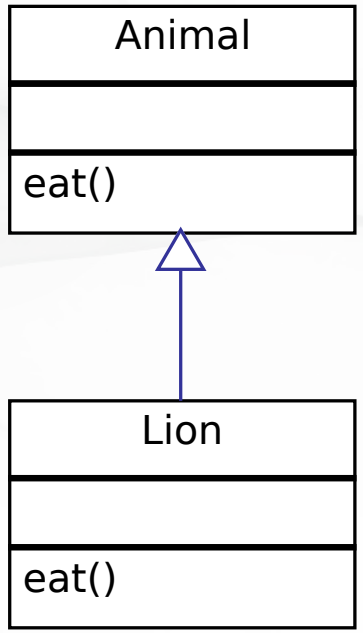
- L'objet est responsable de savoir quelle méthode appeler
- Phénomène de surcharge (overload)

```
public class Dispatch {

    public void method(String value) {
    }

    public void method(int value) {
    }

}
```

# Orienté Objet : Héritage

- Une classe peu hériter d'une autre classe dans une relation de type "**est un**"
- Phénomène de spécialisation (override)

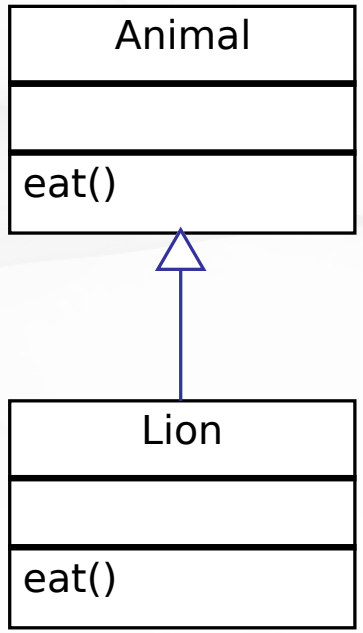
```
public class Animal {
    public void eat() {}
}

public class Lion extends Animal {
    public void eat() {
        // eat meat !
    }
}
```



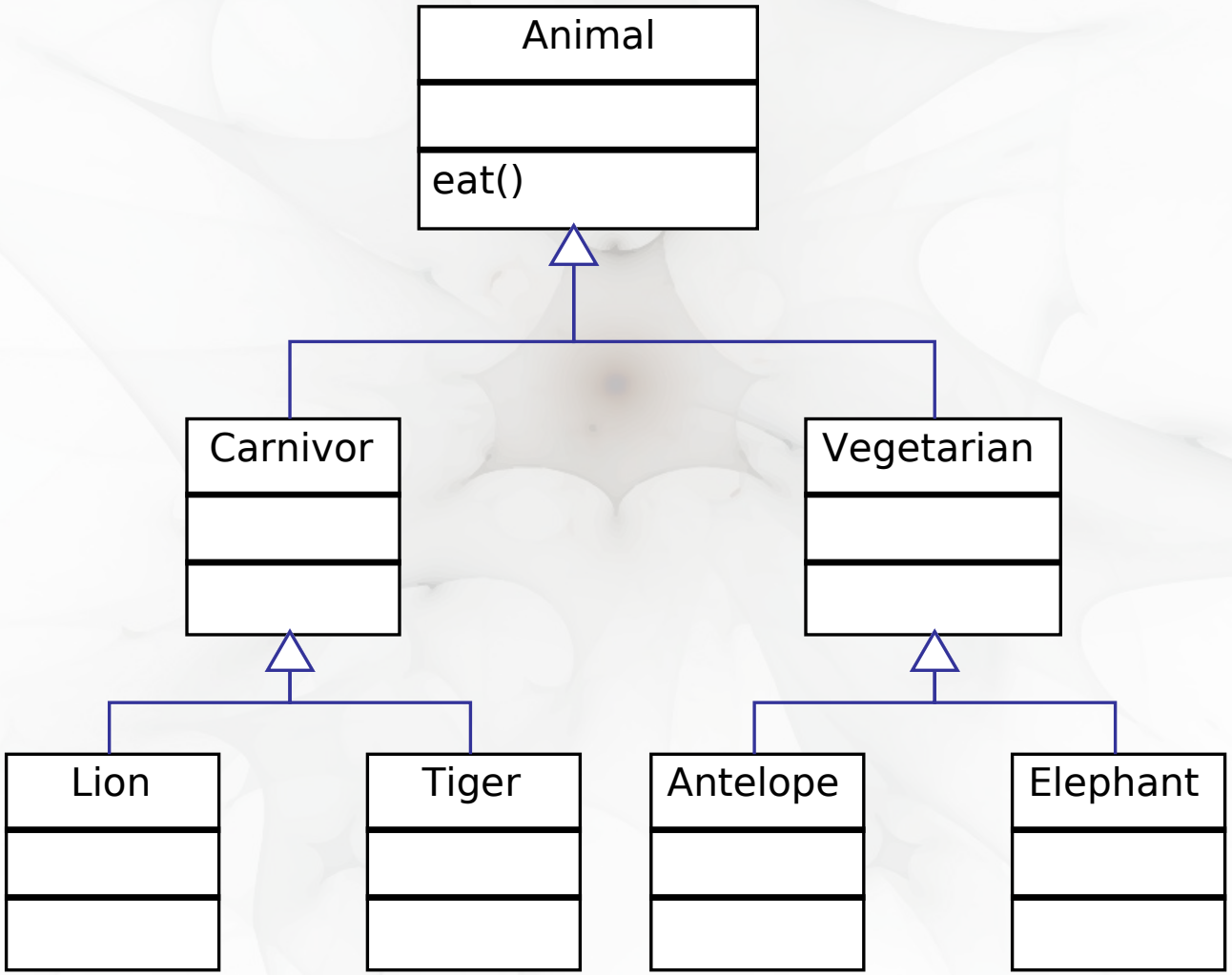
# Orienté Objet : Héritage

- Une classe peu hériter d'une autre classe dans une relation de type "**est un**"
- Phénomène de spécialisation (override)

```
public class Animal {
    public void eat() {}
}

public class Lion extends Animal {
    public void eat() {
        // eat meat !
    }
}
```

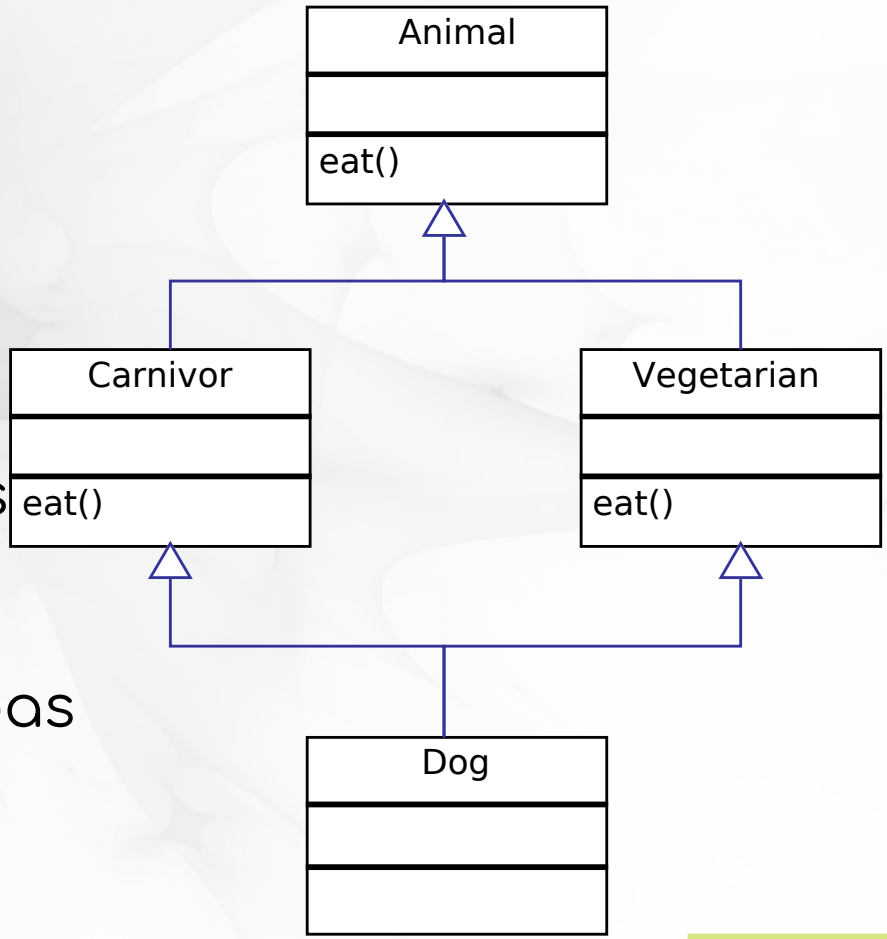


# Hiérarchie de classes



# Héritage multiple

- En C++ : héritage multiple
- Problèmes de masquage
- Les interfaces en Java contournent les problème :
- Pas d'état et pas de méthodes
- Classes abstraites sont un intermédiaire (mais toujours pas d'héritage multiple)



# Duck typing

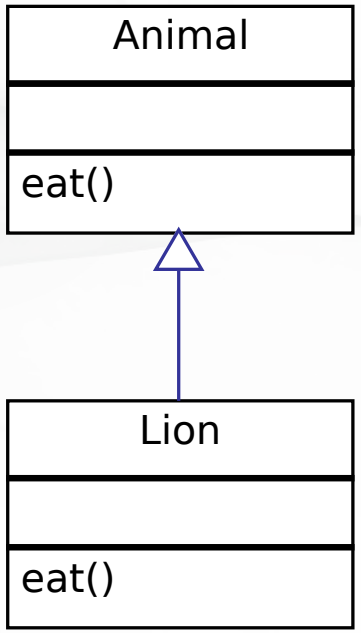
- Dans les langages au typage dynamique, forme de polymorphisme sans héritage

```
public class Dog {
    public void eat() {}
}

public class Duck {
    public void eat() {}
}

public void eat(animal) {
    animal.eat();
}
```

# Orienté Objet : Polymorphisme

- Le sous typage est la faculté de référencer la superclasse et d'en ignorer l'implémentation

```
Animal animal;
// sub class is not known
animal = new Lion();
animal.eat();
```



# Orienté Objet : Open recursion

- Faculté d'une méthode à appeler les méthodes membre de l'objet (mot clé **this** ou **self**)

```
public static class Recursion {

    public void loop10(int i) {
        if (i == 10) return;
          // critère de sortie
        this.loop10 (i+1);
    }
}
```

# Union and Intersection types


- Cas de Ceylon
- Union ( est du type X ou Y )

```
void write(String|Integer|Float printable) { ... }
```

- Intersection ( a les interfaces X et Y )

```
void store(Persistent&Printable&Identifiable obj)
{ ... }
```

# AOP, MOP

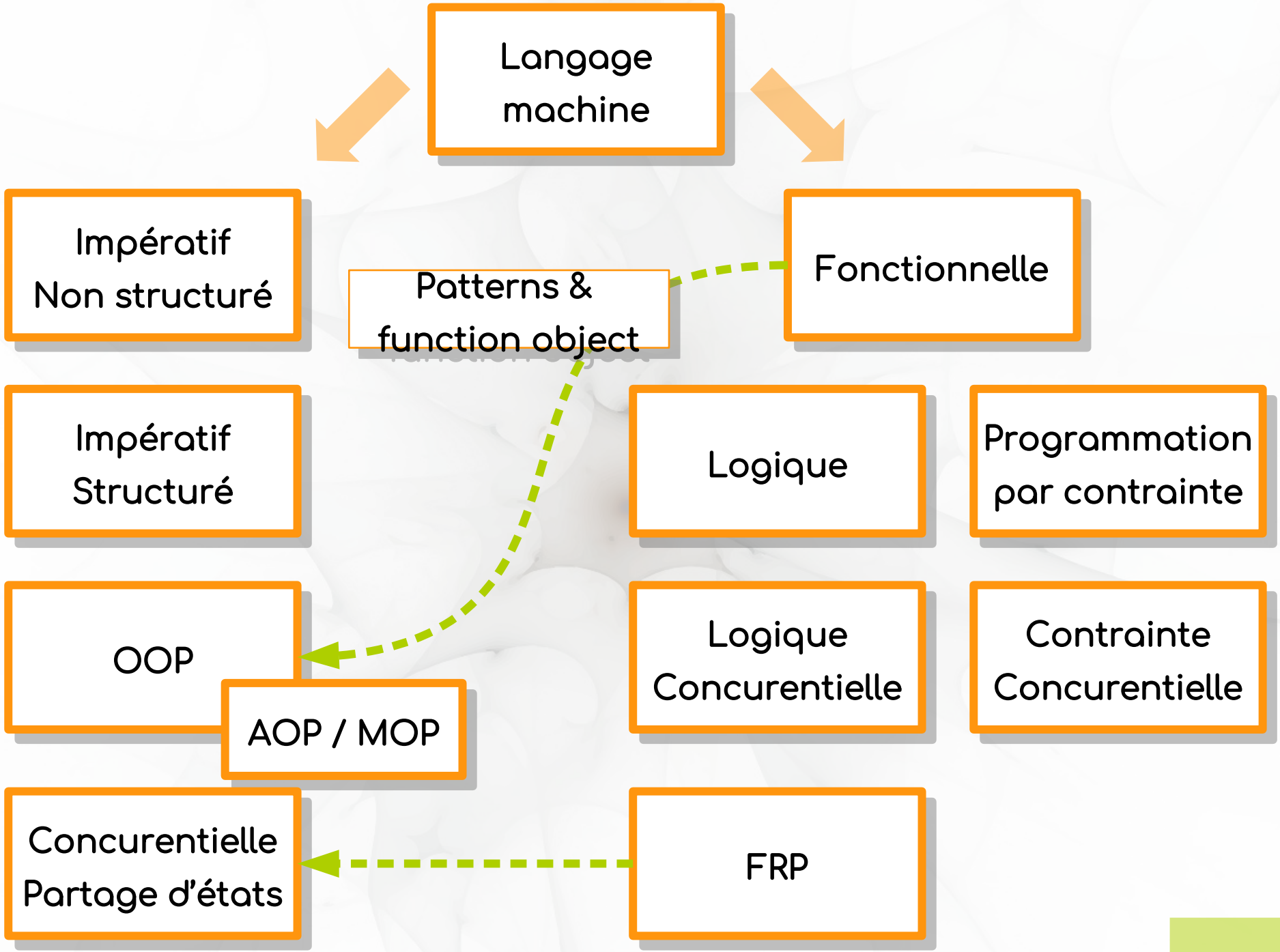
- MOP : Meta Object Protocol, possibilité de modifier la structure de la classe (ou du prototype)  par programmation

- AOP : Séparation des responsabilités (on isole les problématiques transverses)
  - AspectJ : Par injection de code à des points donnés (Tissage de greffons)

- MOP + FP = AOP

# Impératif vs Fonctionnel

- Deux grandes familles :
  - Programmation impérative
    - Manipulation d'état (changement d'état effets de bord)
    - Décrit le "comment"
  - Programmation fonctionnelle
    - Manipule le comportement et réfute la mutation d'état
    - Programmation déclarative (le "quoi")


Langage machine
Impératif Non structuré
Patterns & function object
Fonctionnelle
Impératif Structuré
Logique
Programmation par contrainte
OOP
AOP / MOP
Logique Concurentielle
Contrainte Concurentielle
Concurentielle Partage d'états
FRP

# Programmation fonctionnelle

- Fonctions dites pures (sans état)
- Récursion

Lisp

```lisp
(defun it (&optional (i 0))
  (if (>= i 10)
      i
      (it (+ i 1))
```

# Programmation fonctionnelle

- Transparence référencielle
  - pas de changement d'états
- Impératif :

```
X = X + 1
```

- Fonctionnel :

```
int plusone(int x) : return x + 1;
```

# Programmation fonctionnelle

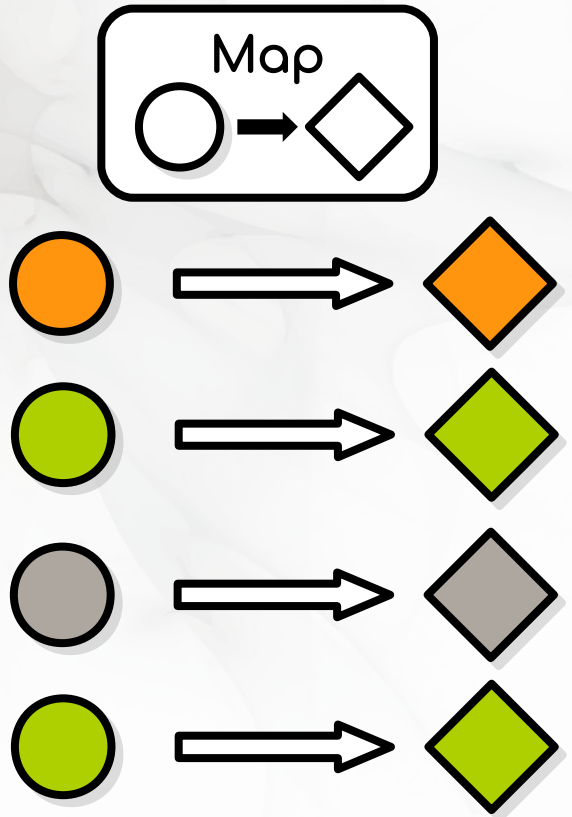
- Fonctions d'ordre supérieur :
  - Peuvent prendre une fonction en paramètre
  - Ou renvoyer une fonction comme résultat
  - Ou les deux

- Map – Filter – Fold (reduce) - Zip

# Map

```
Stream.of(1, 2, 3, 4, 5)
   .map((item) -> "The number is : " + item)
   .forEach(System.out::println);
```

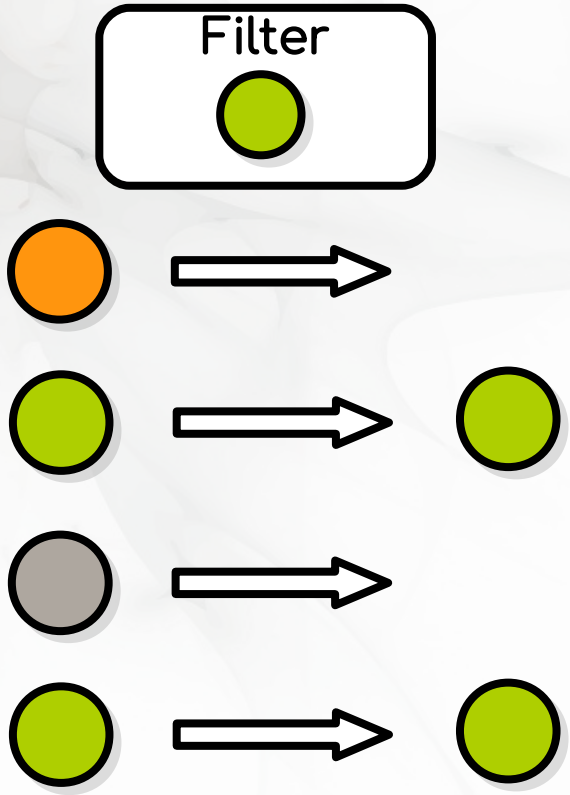
```
The number is : 1
The number is : 2
The number is : 3
The number is : 4
The number is : 5
```



# Filter

```
Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)
   .filter((item) -> item % 2 == 0)
   .forEach(System.out::println);
```

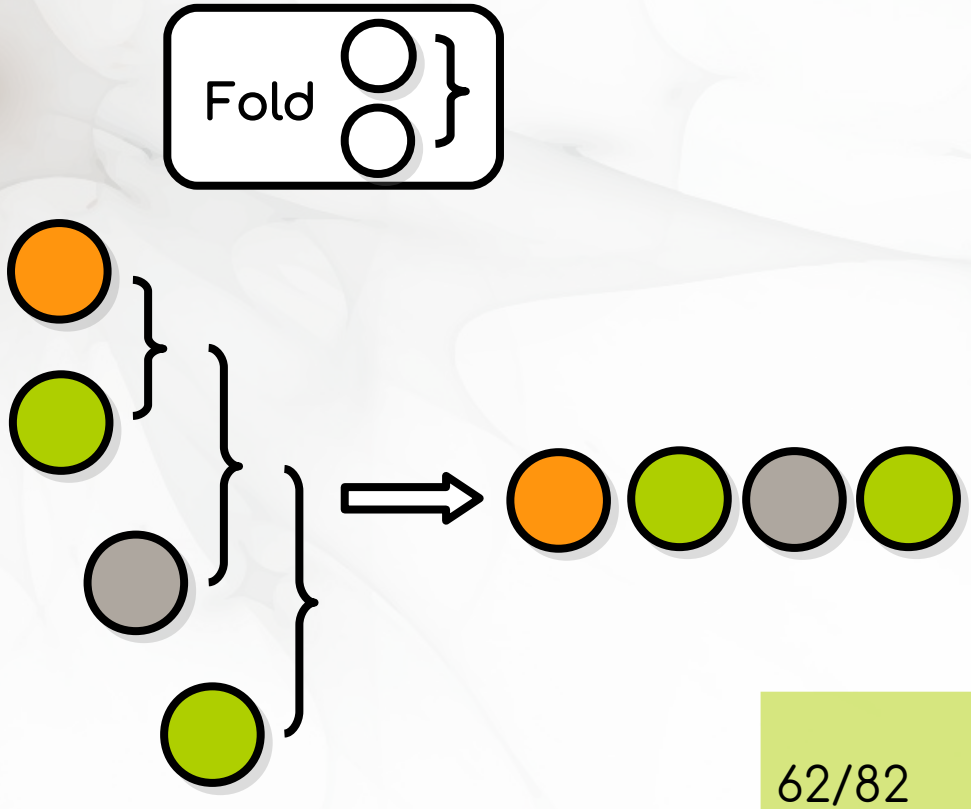
```
2
4
6
8
```



# Reduce ( fold )

```
Stream.of(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)
.reduce((acc, e) -> acc + e).get()
```

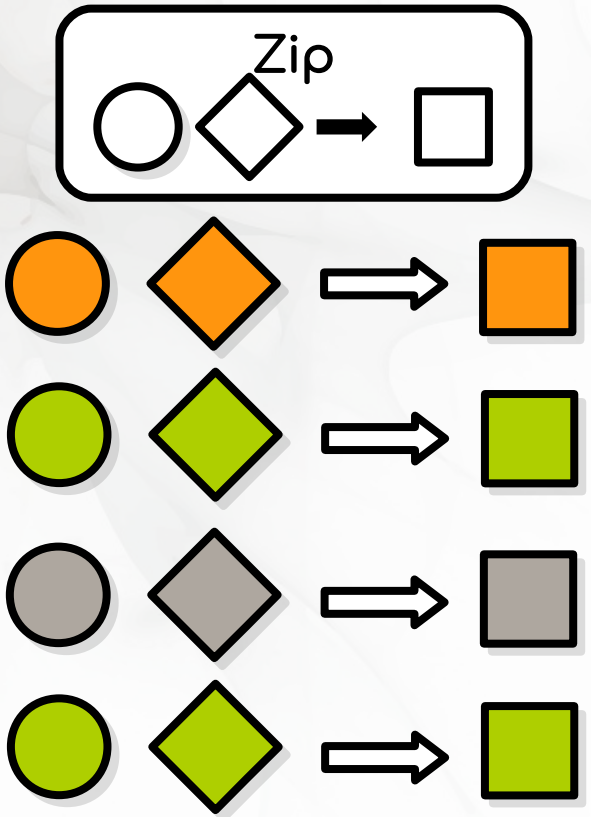
```
36
```



# Zip

```
StreamUtils.zip(
  Stream.of(1, 2, 3, 4, 5),
  Stream.of("one", "two", "tree", "four", "five")
  .map((a, b) -> "The # of " + b + " is : " + a)
  .forEach(System.out::println);
```

```
The number is : 1
The number is : 2
The number is : 3
The number is : 4
The number is : 5
```

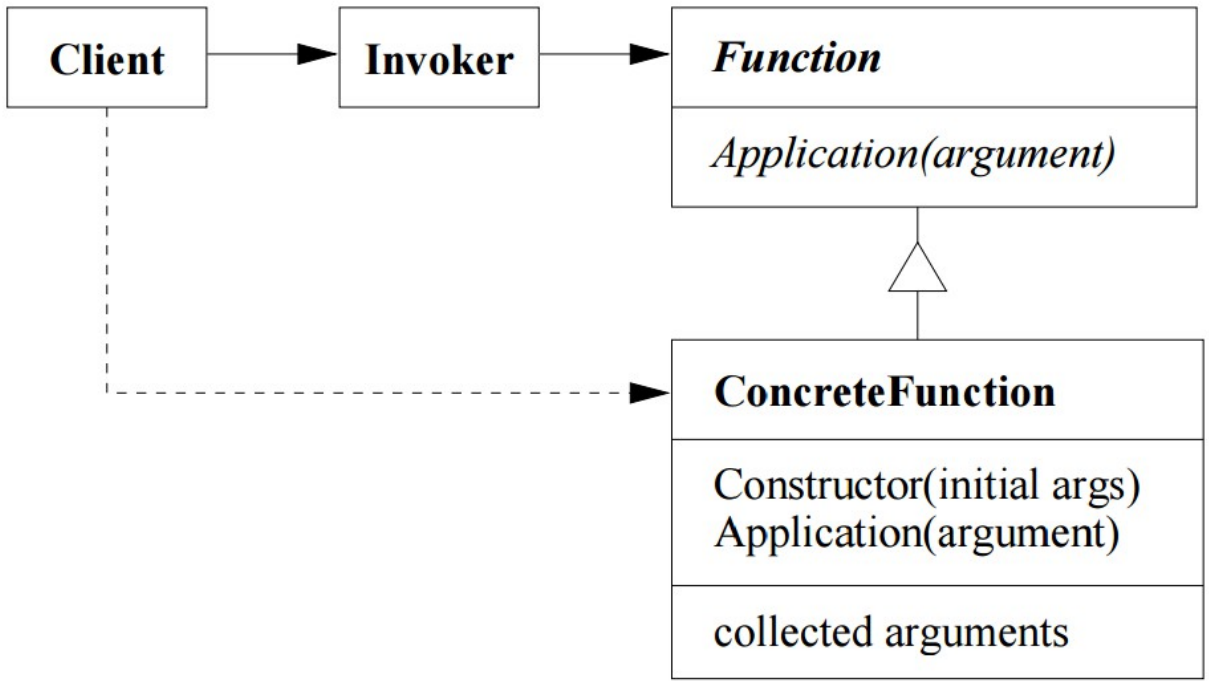


# Function object

- But : Intégrer le paradigme fonctionnel dans les langages à Objets
- Généralisation du patron **Strategy** ou **Command**
- **Lambdas** = sucre syntaxique
- C# 3.0 (.NET Framework 3.5)
- Java 8

# Function object

- Thomas Kühn - Patron de conception
- Un objet qui représente une fonction



# En Java

```
List<String> names = Arrays.asList("Jean", "Paul", "Claude", "Charles");

Function<String, String> formater = new Function<String, String>() {

    @Override
    public String apply(String t) {
        return "The name is " + t + ".";
    }

};

names.stream().map(formater).forEach(new Consumer<String>() {
    @Override
    public void accept(String t) {
        System.out.println(t);
    }

});
```

# Avec lambdas

- Concision
- Expressivité
- Lisibilité
- Programmation déclarative
- Debug difficile !

```
List<String> names = Arrays.asList("Jean", "Paul", "Claude", "Charles");

Function<String, String> formater = (String t) -> "The name is " + t + ".";

names.stream().map(formater).forEach(System.out::println);
```

# Programmation par contrat

- Principe : ajouter des contraintes aux variables et méthodes
- Pré-condition : garanti la cohérence des valeurs d'entrée d'une fonction
- Post-condition : garanti la cohérence des valeurs de sortie d'une fonction
- Invariant : garanti que la valeur est cohérente tout au long de l'exécution (pour des variables)

# Contrat en Java (Cofoja)

```
interface Time {
  @Ensures({
    "result >= 0",
    "result <= 23"
  })
  int getHour();

  @Requires({
    "h >= 0",
    "h <= 23"
  })
  @Ensures("getHour() == h")
  void setHour(int h);
}
```

# Programmation logique par contrainte (PLC)

- Exemple : ProLog
- Énumération des contraintes du système
- Sous forme de règles logiques
- Idéal pour résoudre des problèmes de satisfaction : SAT-Solver
  - Comme le Sudoku
  - Problème des 8 dames
- Programmation déclarative par excellence

# PLC en Java (Choco solver)

```java
// 1. Create a Model
Model model = new Model("my first problem");

// 2. Create variables
IntVar x = model.intVar("X", 0, 5);                  // x in [0,5]
IntVar y = model.intVar("Y", new int[]{2, 3, 8});    // y in {2, 3, 8}

// 3. Post constraints
model.arithm(x, "+", y, "<", 5).post(); // x + y < 5
model.times(x,y,4).post();              // x * y = 4

// 4. Solve the problem
model.getSolver().solve();

// 5. Print the solution
System.out.println(x); // Prints X = 2
System.out.println(y); // Prints Y = 2
```

# Programmation Réactive

- Maintenant que Java et C# ont introduit le paradigme fonctionnel
- Paradigme en cours de développement
- Rx.Net, Rx Java, Reactor, React4J
- https://github.com/YannCaron/React4J/wiki


# FRP - Idée

- Un programme impératif s'exécute de façon linéaire
- Les déclarations ne sont pas toujours juste dans le temps

```
Integer a = 0;
Integer b = 0;
Integer sum = a + b;

System.out.println("Sum = " + sum); // Sum = 0
a = 7;
b = 8;
System.out.println("Sum = " + sum); // Sum = 0
```

# FRP - React4J

```
final Var<Integer> a = new Var<>(0);
final Var<Integer> b = new Var<>(0);
Operation<Integer> sum = Operation
  .mergeOperation(() -> a.getValue() + b.getValue(), a, b);
// reactive sum = reactive a + reactive b

System.out.println("Sum = " + sum.getValue()); // Sum = 0

a.setValue(7);
b.setValue(8);

System.out.println("Sum = " + sum.getValue()); // Sum = 15
```

Actualisé 2 x

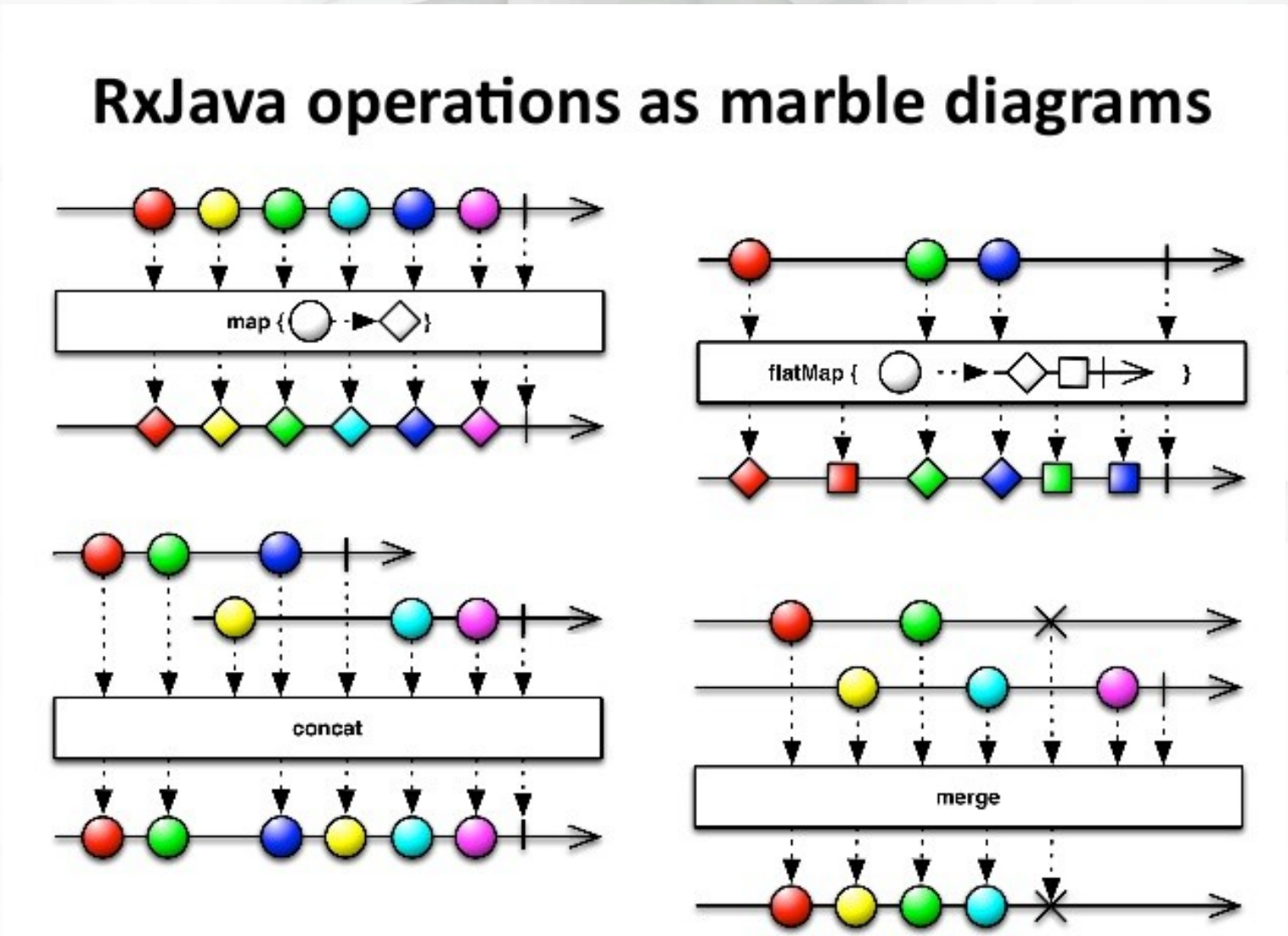
Toujours vérifiable

# FRP - Concepts

- Réaction continue : un processus centralisé actualise périodiquement les signaux

- Réaction discrète : basé sur un modèle évènementiel. Les foncteurs sont chaînés. Chaque foncteur renvoie un nouveau réactif basé sur le précédent.

# FRP - RxJava

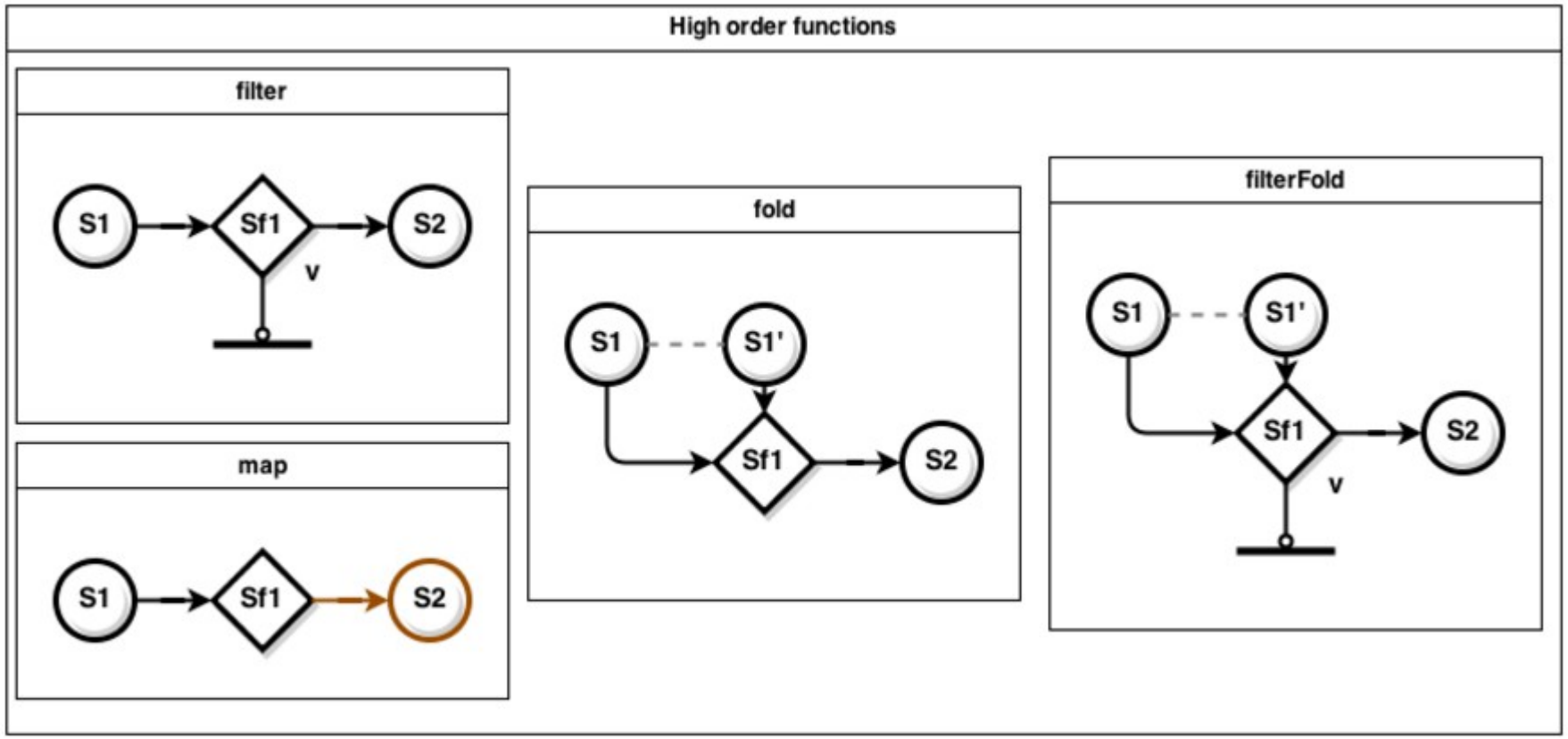

RxJava operations as marble diagrams
map {
flatMap {
}
concat
merge

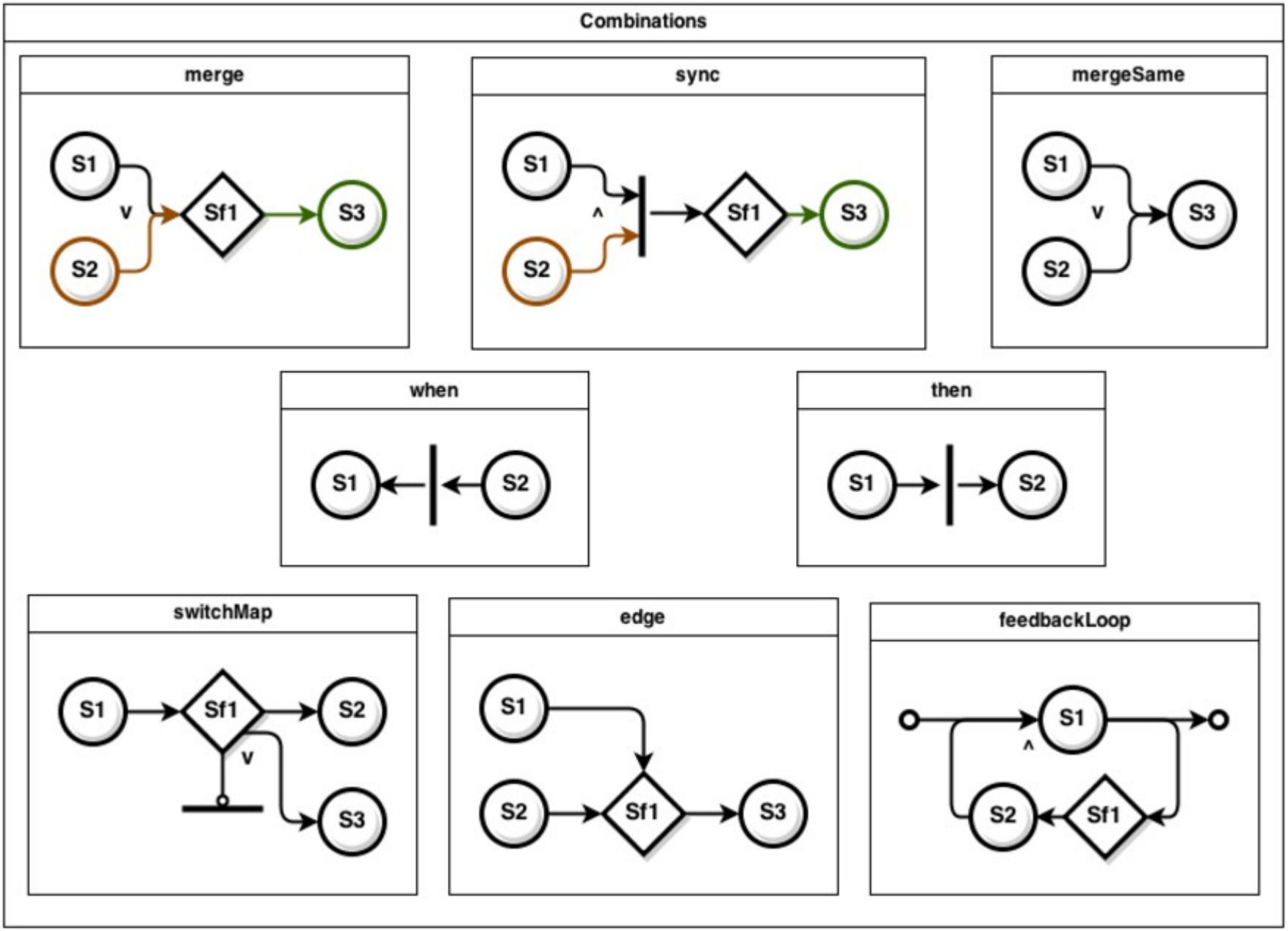
# React4J - Exemple

```
Var<String> mouseAndTime = MouseReact.button1()
    .map(arg1 -> arg1 ? "pressed" : "released")
    .toVar("no button yet !")
    .merge(MouseReact.positionX().toVar(0),
       (arg1, arg2) -> arg1 + " ( x=" + arg2)
    .merge(MouseReact.positionY().toVar(0),
       (arg1, arg2) -> arg1 + ", y=" + arg2 + ")");

label1.setText(mouseAndTime);
```

Toujours vérifiable

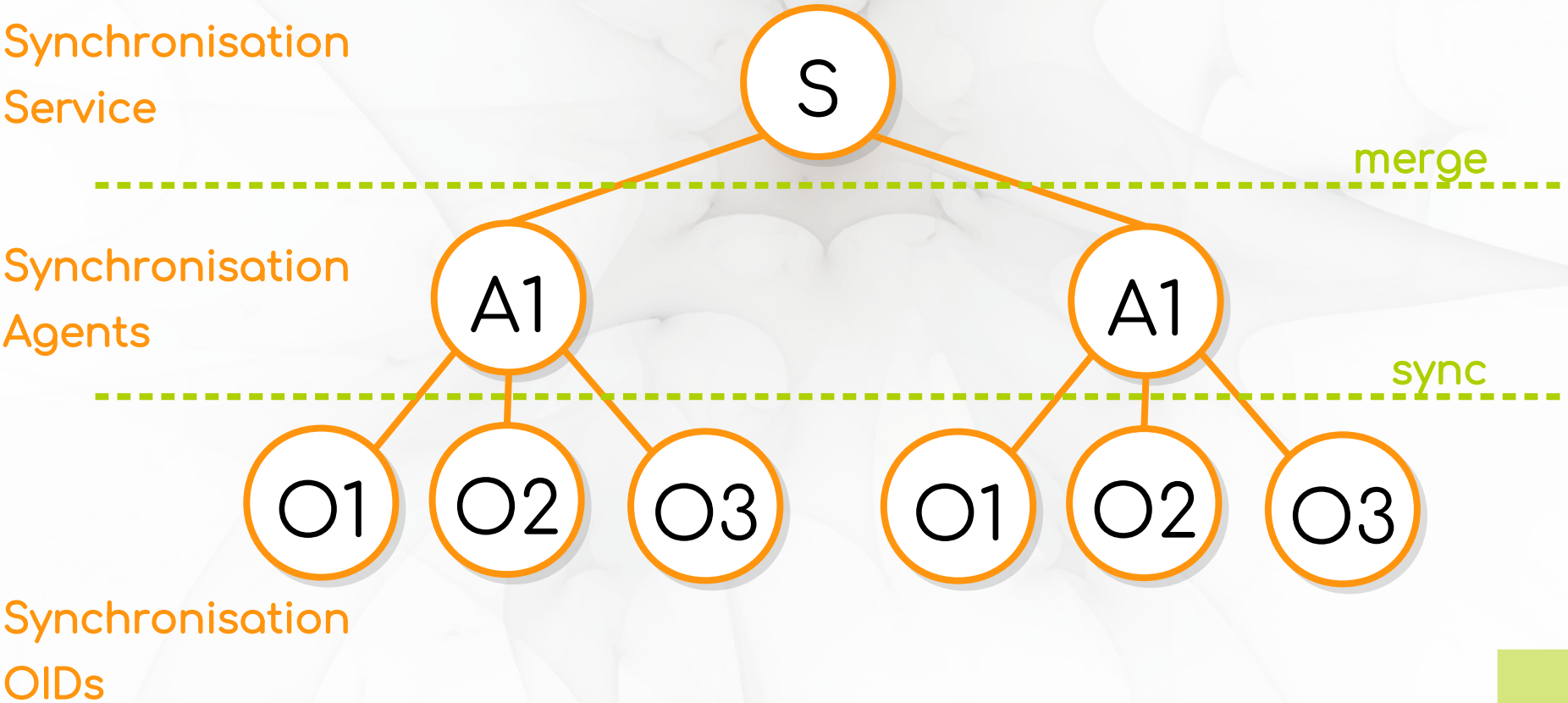
# FRP - React4J


High order functions
filter
S1
Sf1
S2
v
map
S1
Sf1
S2
fold
S1
S1'
Sf1
S2
filterFold
S1
S1'
Sf1
S2
v

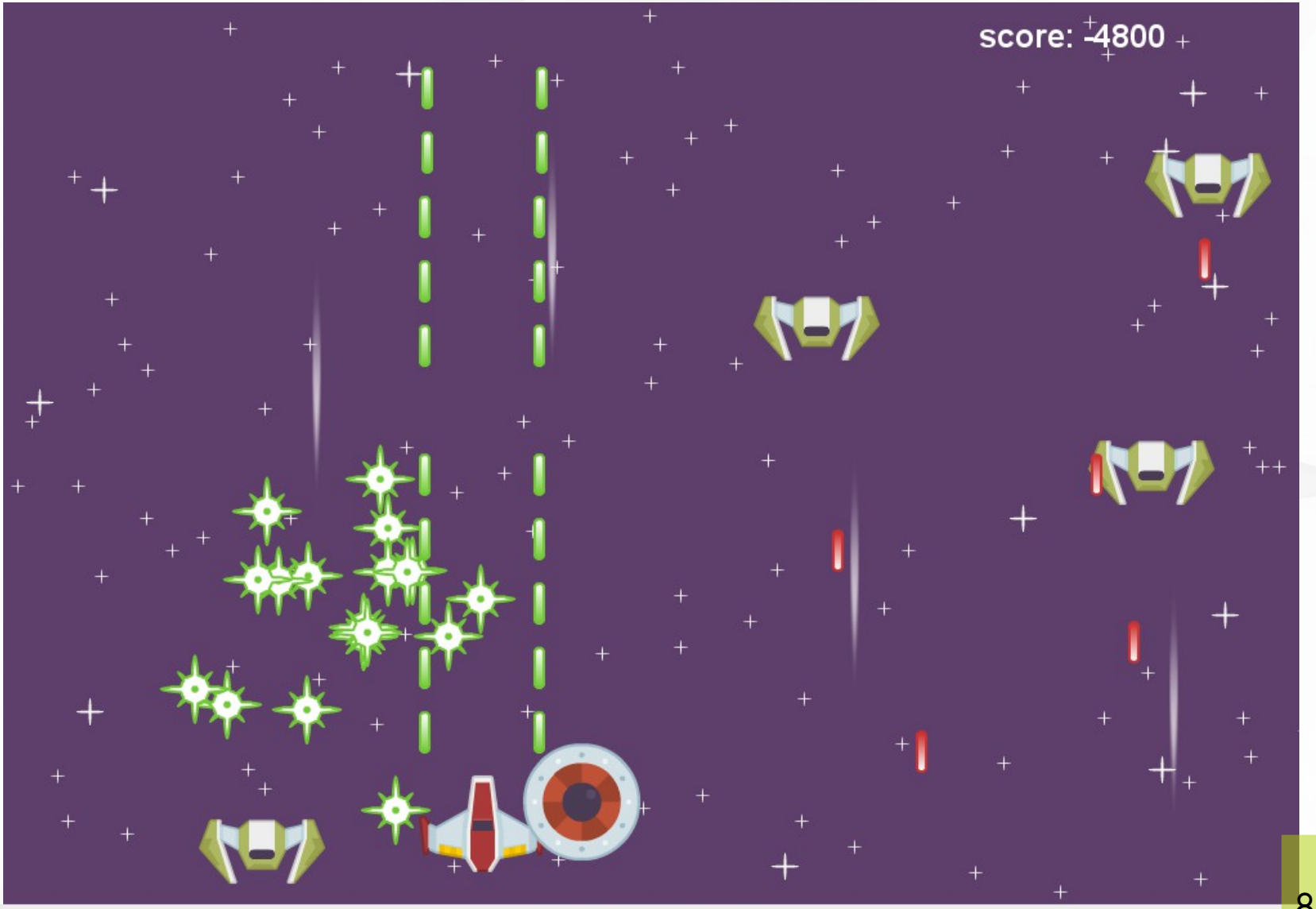

Combinations
merge
S1
v
S2
Sf1
S3
sync
S1
^
S2
Sf1
S3
mergeSame
S1
v
S2
S3
when
S1
S2
then
S1
S2
switchMap
S1
Sf1
v
S2
S3
edge
S1
S2
Sf1
S3
feedbackLoop
S1
^
S2
Sf1

# FRP – Cas d'utilisation

- Synchroniser des messages de serveurs SNMP distants



# React4J - Démonstration



# Merci de votre attention