skyguide

ENSG Géomatique

CodeGen

Présenté par Yann Caron
skyguide

ENSG Géomatique

Plan du cours

Analyse sémantique

Optimisations

Code Generation

Garbage collector

Analyse sémantique

Analyse sémantique

- Définition :
  - Analyse du sens des éléments du programme
- Plusieurs opérations :
  - Contrôle des types (type checking)
  - Optimisation locales
- Important : Avant l'exécution du programme

Algorithmes

- La plupart des algorithmes d'analyse sémantique peuvent être exprimés sous la forme d'un parcours en profondeur de l'AST
  - Pré : traitement du nœud n de l'AST
  - Récursion : traitement des enfants du nœud
  - Post : fin du traitement du nœud
- Important : L'optimisation peut s'effectuer par application successive du même algorithme (algorithme récurrent)

Type Checking

- Définition d'un type de variable :
  - Ensemble des valeurs possible d'une variable

    ex : $[0\text{-}9]^+$
  - Ensemble des opérations possibles sur ces valeurs

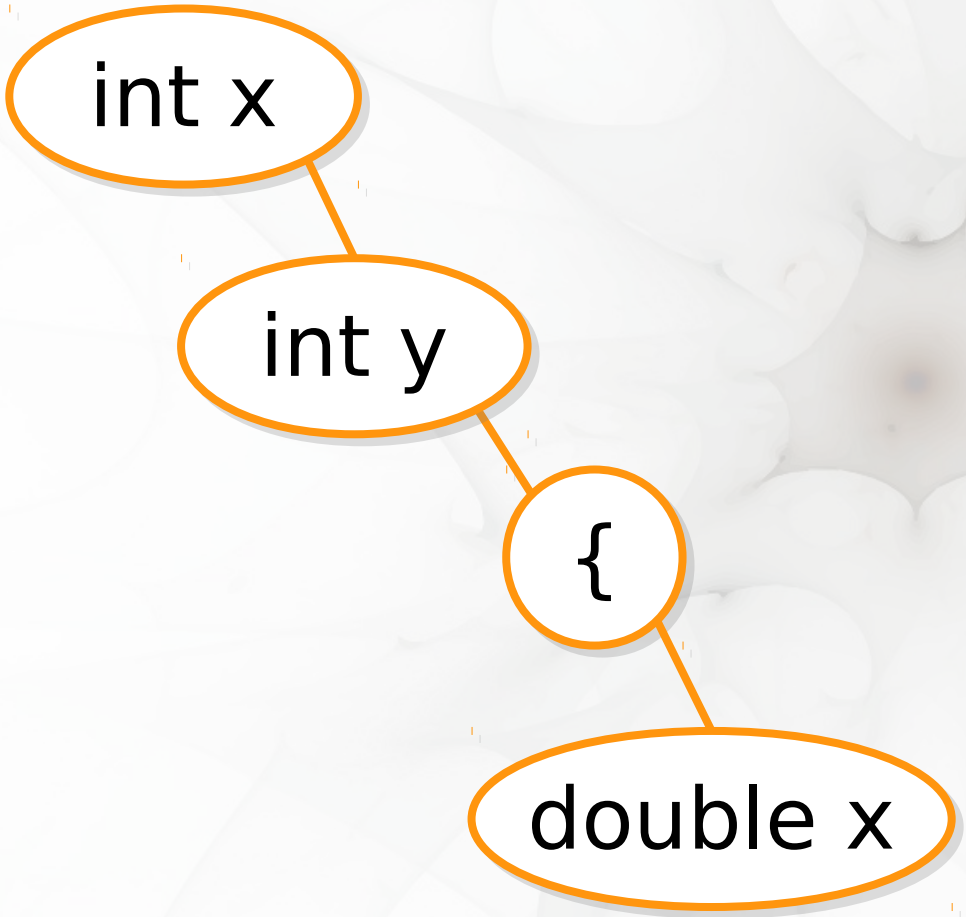
    ex : +, -, /, *, %
- Les Classes sont une notion moderne des types

  ex : Surcharge des opérateurs C++

Table des symboles

- Afin d'effectuer l'analyse des types une structure de donnée spéciale est nécessaire
- La table des symboles
- Trois opérations :
  - addSymbol : Ajoute les symboles et les informations tels que le type
  - findSymbol : Recherche le symbole depuis le haut de la pile vers le bas (NULL si non trouvé)
  - removeSymbol : Supprime l'élément du haut de la pile

Stack machine



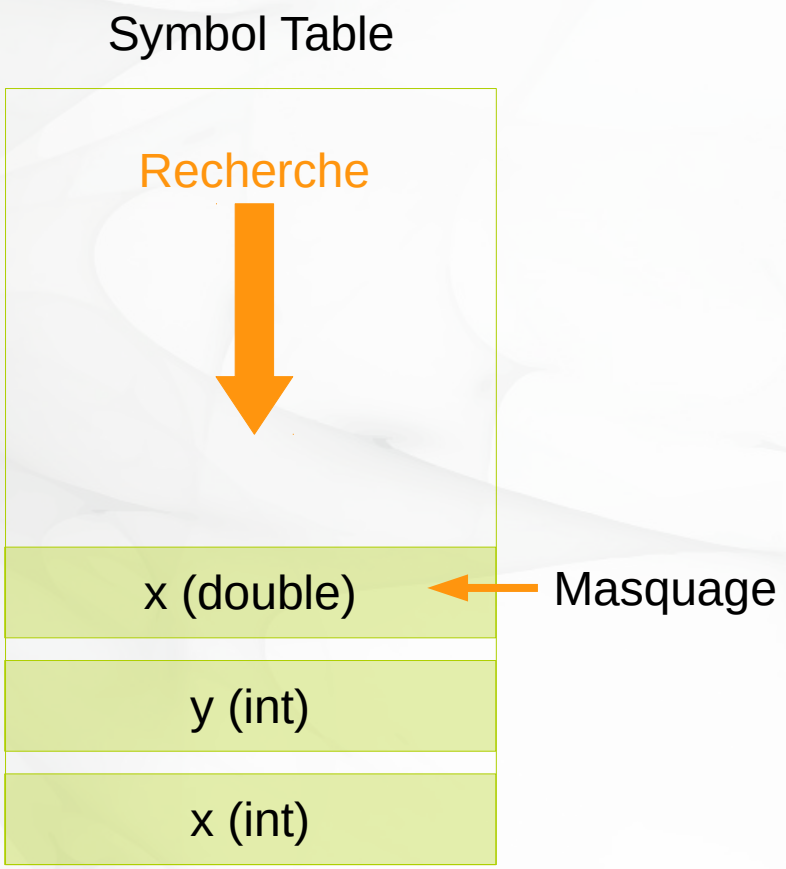


Table des symboles

- Cette structure de donnée ne permet pas de gérer les contextes différents (appel de fonctions, de méthodes, objets etc..)

- Attention, on ne peut pas compter sur les stack frames (l'analyse intervient avant l'exécution)

Table des symboles

- Solution :
- Rajouter 3 méthodes :
  - enterScope : Démarre un nouveau contexte imbriqué
  - checkScope(x) : vérifie que x soit définit dans le contexte courant
  - exitScope : Sort du contexte courant

Type checking

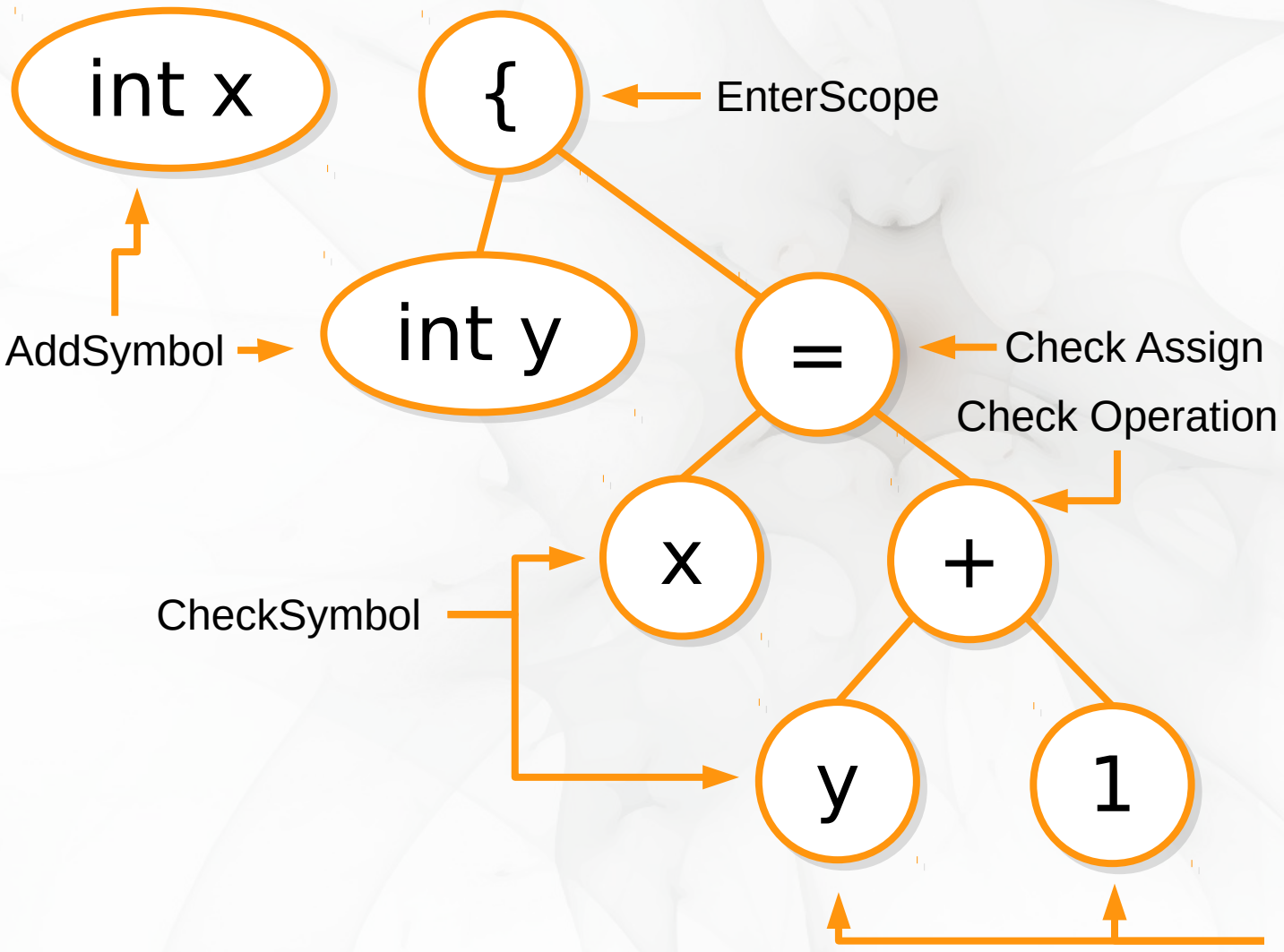
- Analyse la sémantique des types

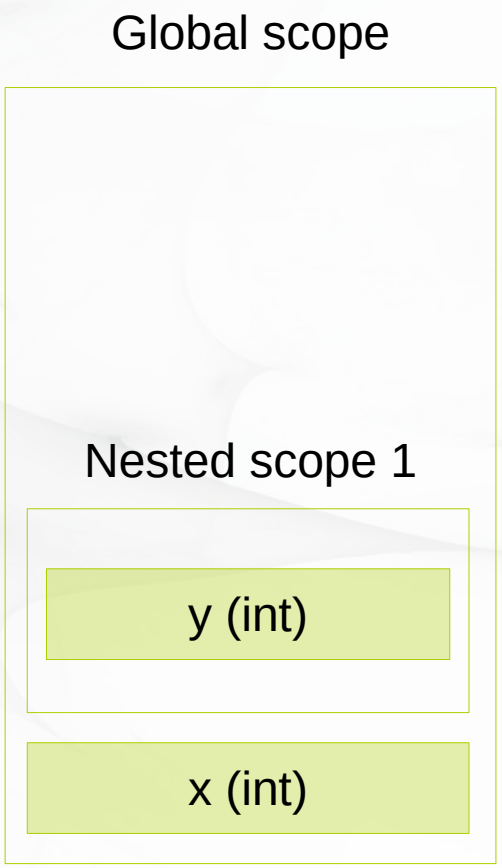
- Vérifie que le programme réponde aux règles fixées par le typage du langage :
  - Que la valeur respecte le type / class
  - Que les opérations soient permises
  - Que la conversion soit permise
  - Évalue le masquage

Type checking

- Analyse statique (basée sur la syntaxe uniquement et non sur le contexte d'exécution)
- Moins flexible, mais plus sûre
- Algorithme basé sur un parcours en profondeur de l'AST
- Entretient la table des symboles

Type checking





Optimisations

Optimisations

- But :

- Rendre plus performant le programme
  - En terme d'utilisation CPU
    - Exemple : simplifier les calculs
  - En terme de recherche des symboles
    - Exemple : remplacer les variables
  - En terme d'utilisation de la mémoire

Optimisations

- Peu être effectué à plusieurs niveaux :
- Sur le code assembleur
  - Expose les opportunités d'optimisation
  - Mais est dépendant de la machine
  - Et doit être réécrit en cas de changement de machine cible
- AST
  - Indépendant de la machine
  - Mais de trop haut niveau

Optimisations

- Langage intermédiaire
  - Expose les opportunités d'optimisations
  - Et est indépendant de la machine
  - Meilleur compromis

- Notion de bloc
  - Une suite d'instructions sans label (sauf 1ere ligne) ni renvoi (sauf dernière ligne)
  - Rien qui pourrait en modifier le flot d'exécution)

Optimisation Assembleur

- Peephole
- Principe : identifier des portions de code remplaçables par un code plus efficace
- La portion doit être un bloc (ni label, ni renvoi)
- Exemple :
  - addui $a $b 0 → move $a $b
  - move $a $a peut être supprimé
  - donc addui $a $a 0 peut être supprimé

Optimisations Locales

- S'effectue sur l'AST ou l'IL
- Simplification algébrique
- Suppression des instructions inutiles
  - x := x + 0
  - x := x * 1

- Simplification
  - x := x * 0 → x := 0
  - x:= x ** 2 → x:= x * x

Optimisations Locales

- Les opérations sur des constantes peuvent être résolues lors de la compilation
  - Une opération de type x := y op z
  - Si y et z sont des constantes
  - Alors l'opération peut être résolue lors de la compilation

- Exemple :
  - x := 2 + 2 → x := 4

Optimisations Locales

- Les conditions qui sont toujours fausses peuvent être supprimées
  - Exemple : if 2 < 0 jump 0

- Les conditions toujours vraies peuvent être remplacées
  - Exemple : if 2 > 0 then jump 0 ➡ jump0
- Règle générale : Supprimer les blocs qui ne peuvent êtres atteints

Optimisations Locales

- Substituer les opérations
  - Exemple :

    x := y + z

    ... (sans modification de x, y ou z)

    w := y + z → w := x

- Plus généralement : élimination des expression communes

Optimisations Locales

- Propagation des copies
  - Exemple :

    b := y + z

    a := b

    x := 2 * a  x := 2 * b

- De plus, si a n'est pas utilisé autre part l'expression a := b pourra être supprimée

Exemple

```
a := 5
x := 2 * a
y := x + 6
t := x * y
```

```
a := 5
x := 10
y := 16
t := x * y
```

```
t := 160
```

Optimisations Globales

- Analyse du flot d'exécution
  - Graphe d'exécution
  - Détection du code jamais exécuté
- Propagation des constantes
- Analyse des boucles
  - Dans les langages fonctionnels, remplacer les récursions par des boucles
- Analyse si les variables sont utilisées et s'il est nécessaire de les calculer

Algorithme récurrent

- Observation : chaque optimisation peut en révéler une autre
- Exemple : la propagation des constantes peut révéler une condition toujours vraie

```
a := 5
if a > 0
    print a
else
    print “error”
```

```
print 5
```

Algorithme récurrent

- Solution :
  - appliquer toutes les optimisations
  - recommencer jusqu'à ce que plus aucune optimisation ne soit possible

Conclusion

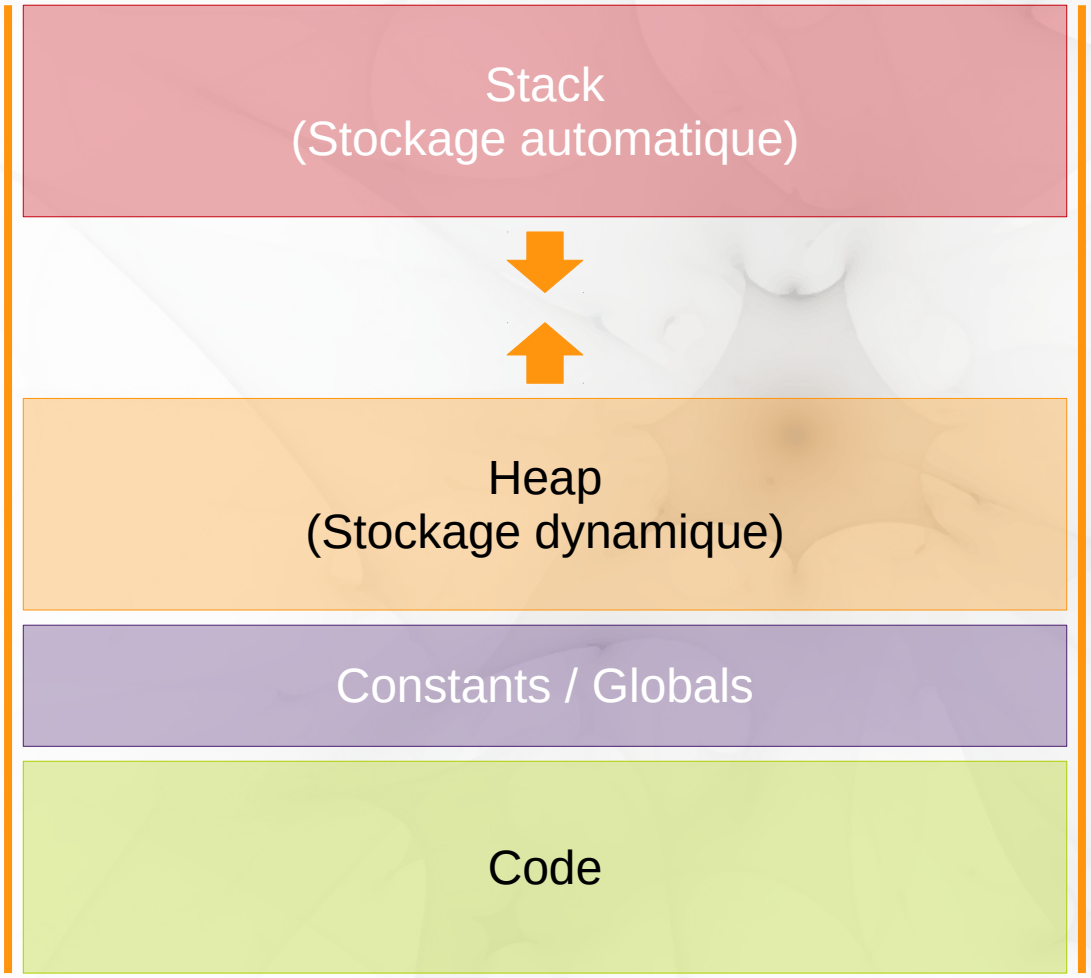
- Naïvement on pourrait penser que C++ est plus performant que Java ou C# (compilé vs interprété)
- Java et C# sont compilés à la volée (JIT)
- Le langage intermédiaire permet des optimisation plus poussées
- L'assembleur C++ doit être compatible avec plusieurs processeurs
- Conclusion Java et C# ont de meilleures performances

Code Generation

Mémoire d'un programme

- Un programme a un espace mémoire fini
- Il a besoin de différentes zones :
  - Sa propre zone, stocke lui même (fixe)
  - Une zone pour les constantes (fixe)
  - Une zone pour l'allocation des objets (variable)
  - Une zone pour effectuer des calculs ou stocker les portées (scopes) (variable)
- Comment stocker deux zones variables dans une zone mémoire fixe ?

Mémoire d'un programme



- Code (code source)
- Constantes
- Heap (les objets)
- Stack (scopes)

Mémoire d'un programme

- La stack représente une pile (filo), l'ordre de libération de la mémoire est relative à celle de l'allocation
  - Contient les variables qui sont libérées lorsque le programme sort du scope
- A contrario, le heap est un espace alloué et libéré de façon indépendante
  - Contient les objets créés et libérés
  - Malloc et free en c, new / gc en java

Mémoire d'un programme

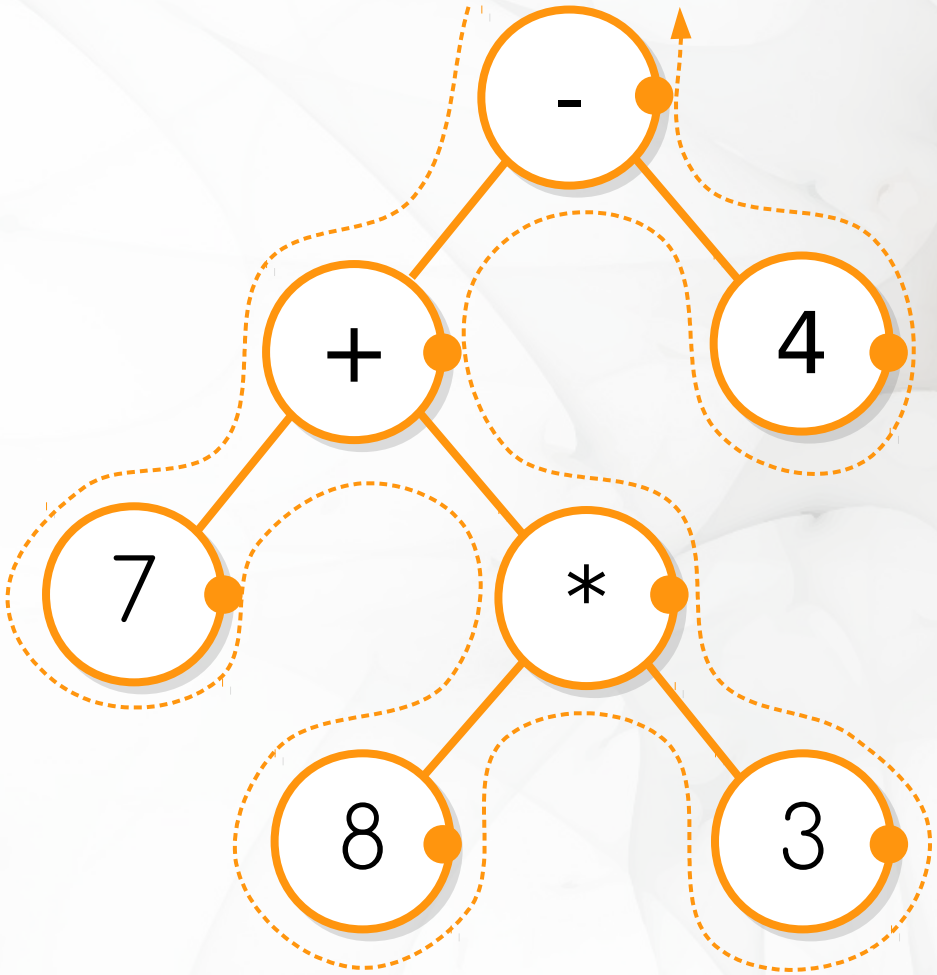
- Lorsqu'il n'y a plus de mémoire possible : Stack Overflow ou Out of memory (heap)
- Stack overflow arrive le plus fréquemment lors d'appels récursifs qui dépassent la limite
- Out of memory, lorsque les objets occupent toute la place mémoire
  - fuite mémoire en C++
  - liens persistants en Java (GC)

Stack machine

- Basé sur une pile d'exécution

- Avantages :
  - Simplicité d'implémentation
  - Nombre d'instruction réduit
  - Code machine généré réduit par rapport à une machine à registre (code 2x plus important)
  - Accès rapide aux opérandes

Stack machine



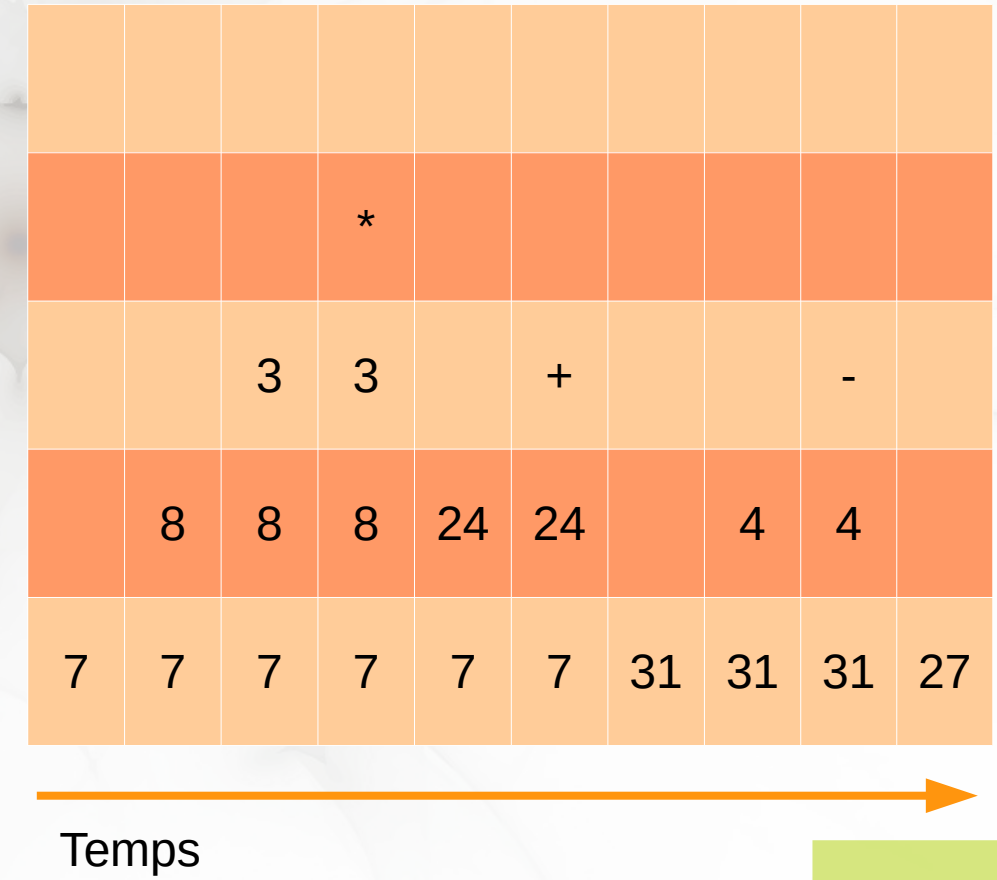

```
// reverse polish
((7 (8 3 *) +) 5 -)
```

```
// stack machine opcode
push 7          // 7
push 8          // 7 8
push 3          // 7 8 3
multiply        // 7 24
add             // 31
push 4      // 31 4
substract   // 27
```

Stack machine

```
// reverse polish
((7 (8 3 *) +) 5 -)
```

```
// stack machine opcode
push 7          // 7
push 8          // 7 8
push 3          // 7 8 3
multiply        // 7 24
add             // 31
push 4      // 31 4
substract   // 27
```



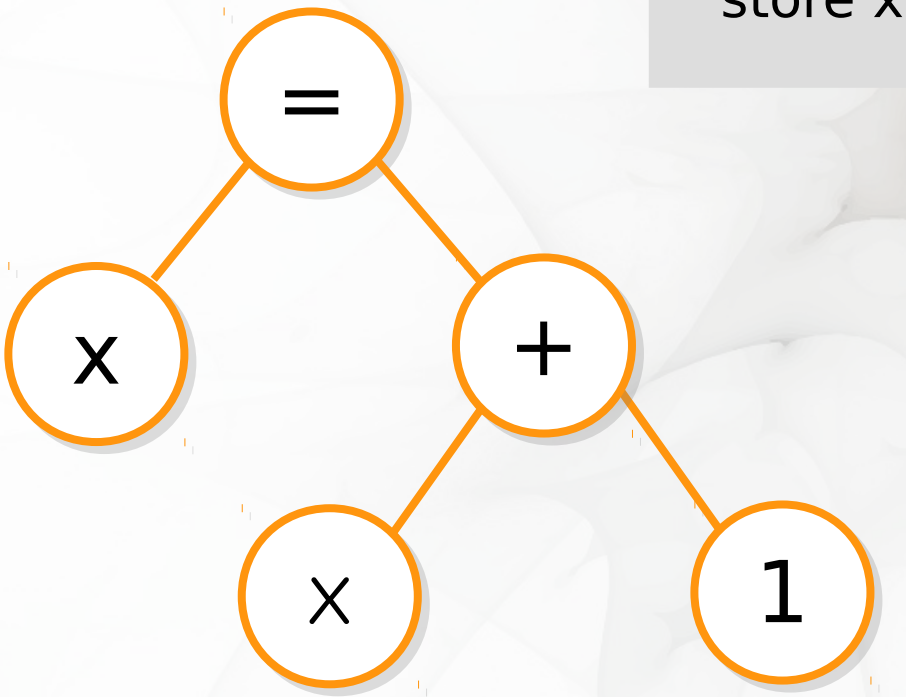
Stack machine

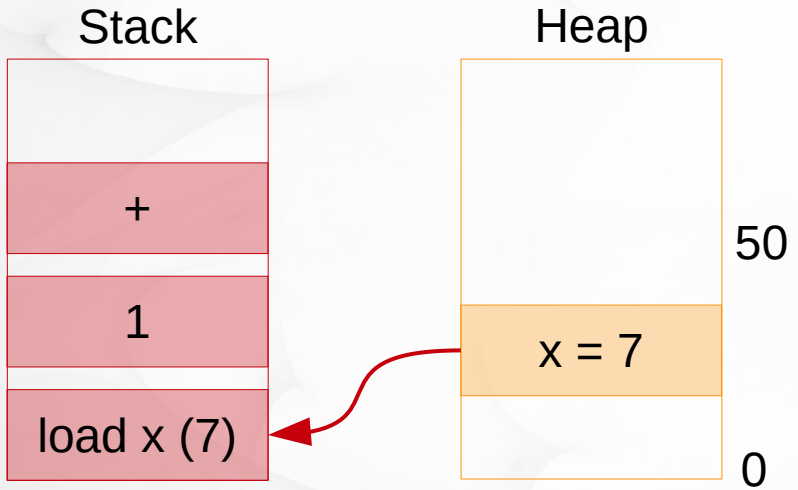
- Inconvénient :
- Nécessité de stocker les résultats intermédiaires en mémoire (coût d'accès)
- Nécessite un surcroît d'appel pour stocker et récupérer les résultats

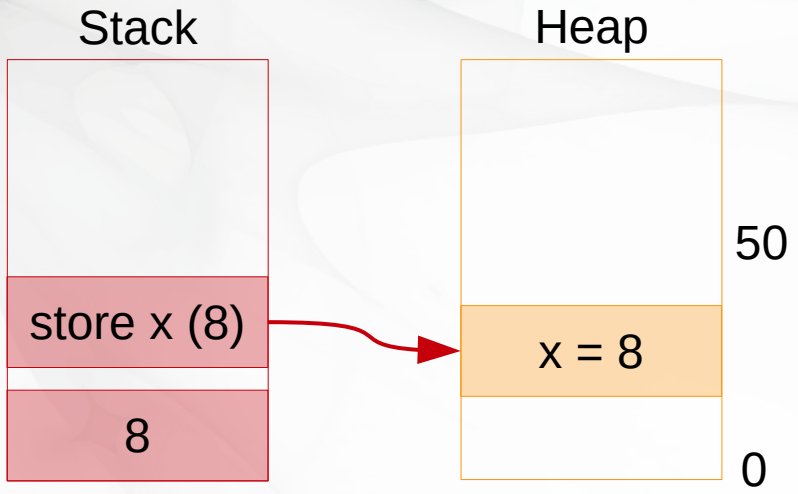
- JVM utilise une modèle hybride avec une stack et un registre

Stack machine

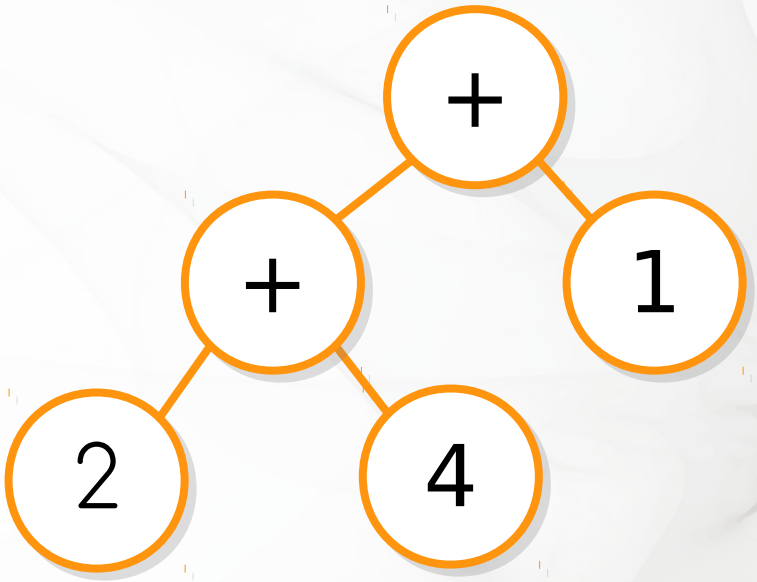
```
load x
push 1
add
store x
```







Register machine




```
store r0, 2
store r1, 4
add
store r1, 1
add
```

Registre

r0	2
r1	

Registre

r0	2
r1	4

Registre

r0	6
r1	

+

Registre

r0	6
r1	1

Registre

r0	7
r1	

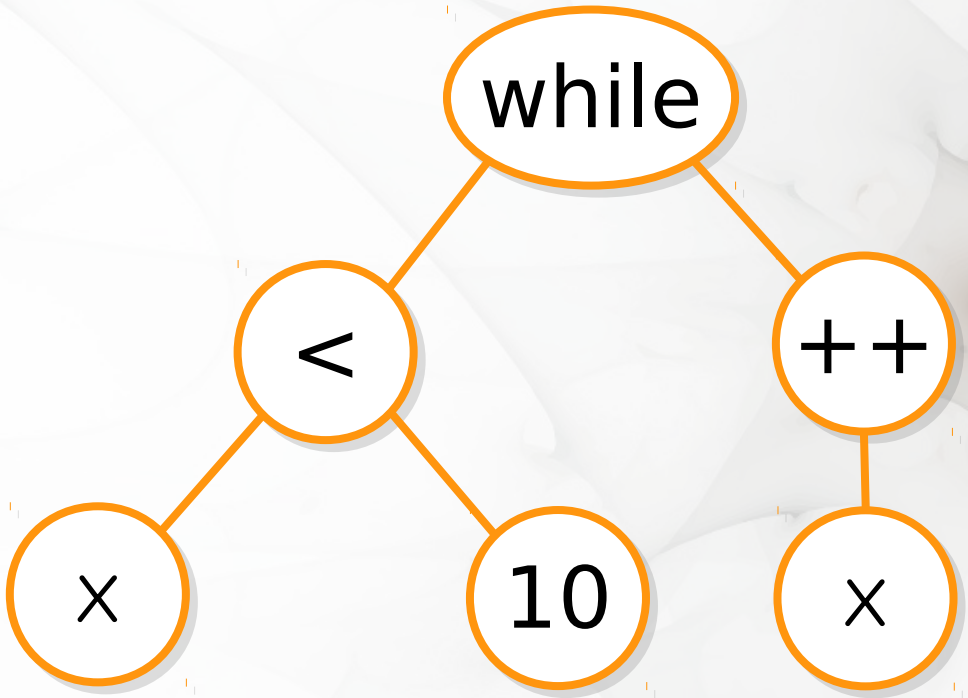
+

Structures de Contrôle

- Le langage machine ne connait que 2 instructions de contrôle :
  - « if » et « goto »

- En programmation impérative structurée, ces instructions ont étés remplacées par des instructions de plus haut niveau :
  - for, do / while, repeat / until, if / then / else

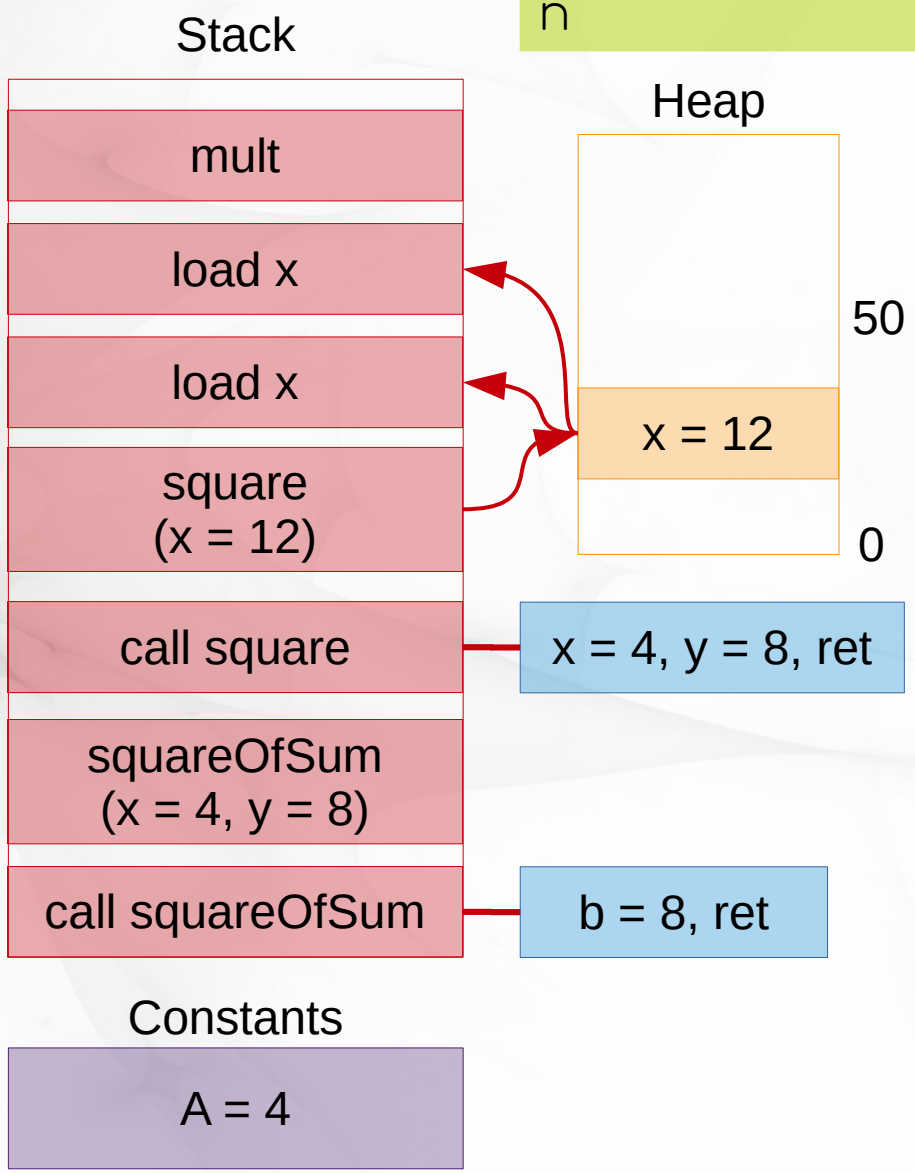
Structures de contrôle



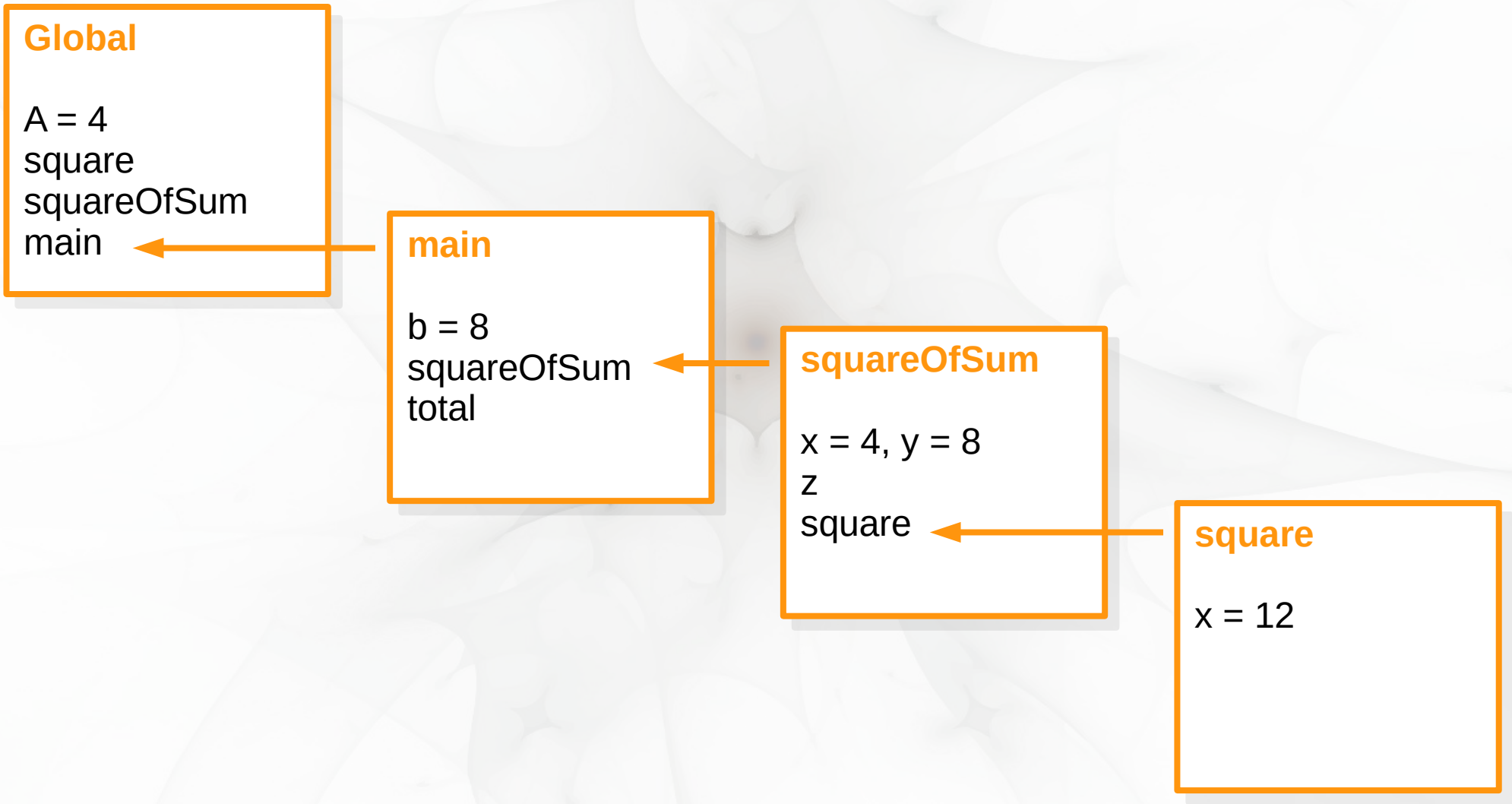

```
L0 // test
     load x
     push 10
     jump_if_lt L1
     jump L2
L1 // body
     load x
     push 1
     add
     store x
     jump L0
L2  // exit
```

Stack Frames

```
const int A = 4;

int square(int x) {
  return x * x; // x2
}

int squareOfSum(int x, int y) {
  int z = square(x + y);
  return z; // (x + y)2
}

void main(String[] args) {
  int b = 8;
  int total = squareOfSum(A, b);
}
```



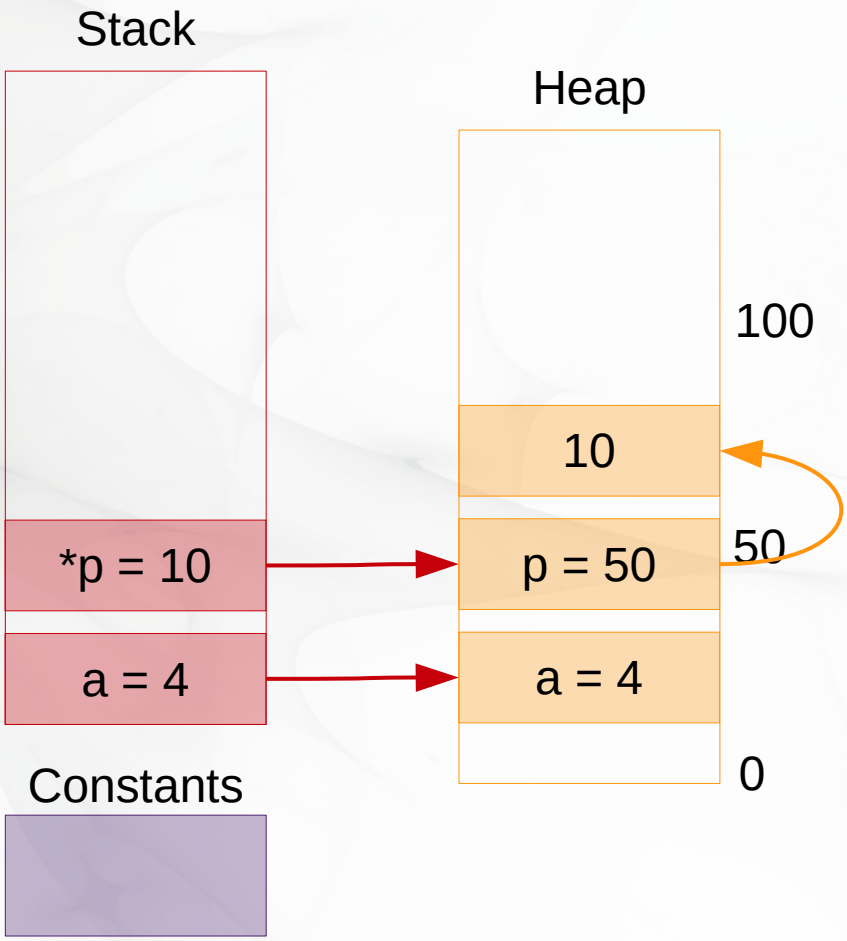
Portée du programme



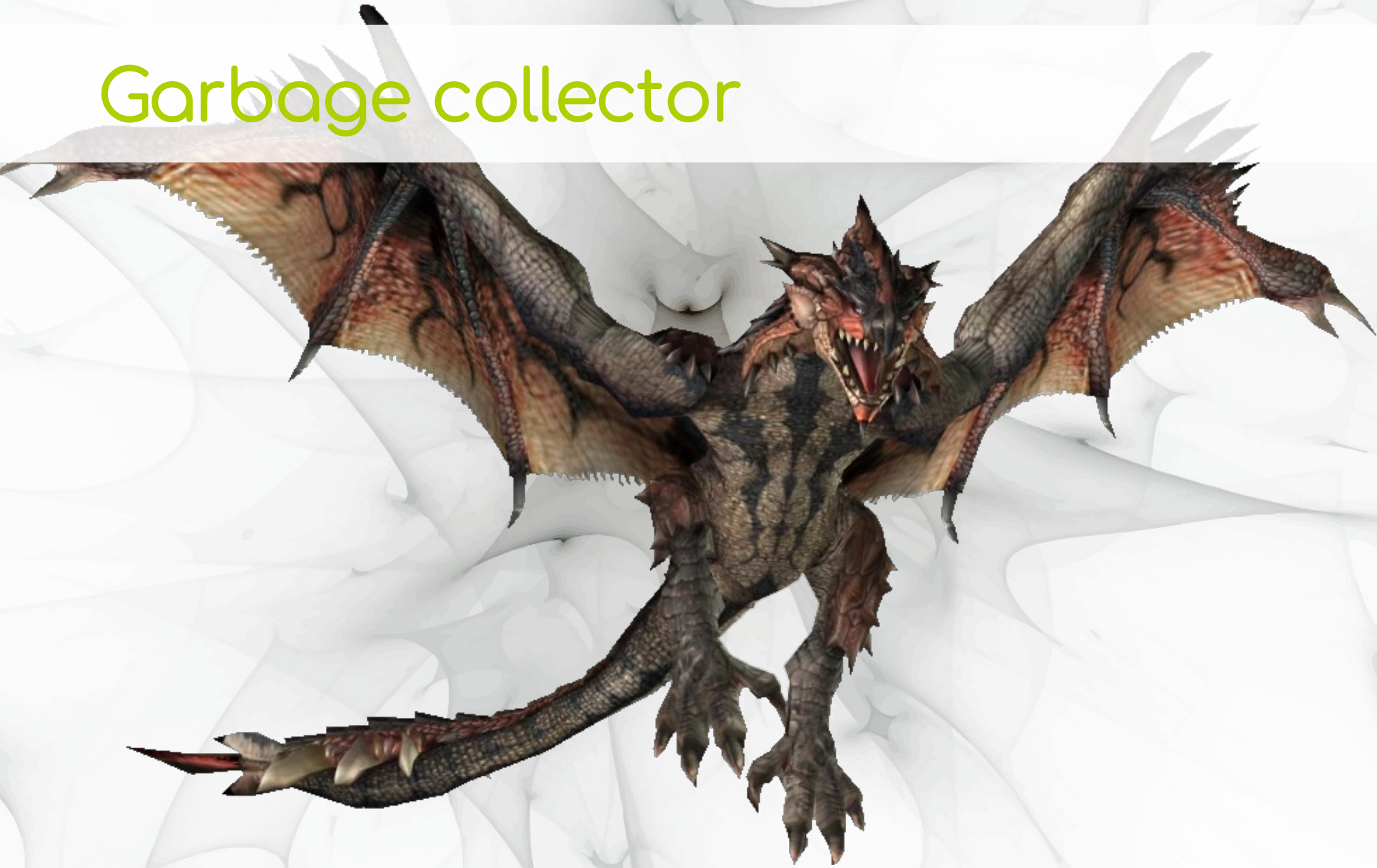
Pointeurs

Démonstration

```
int main () {
   int a = 4;
  int *p;

   p = malloc(sizeof(int));
   *p = 10;

   // attention ! free
   free(p);

   p = malloc(sizeof(int));
   *p = 20;

}
```



Garbage collector



Garbage collector

- La gestion de la désallocation de la mémoire est automatique en Java
- Grâce au ramasse miette (garbage collector)
- La JVM implémente plusieurs algorithmes

Gestion par Destructeur

- Contrairement au langage C++ dont la gestion s'effectue par le destructeur
- A la charge du développeur

- Nombreux inconvénients :
  - Fastidieux
  - Risque de fuites mémoire
  - Risque d'appel d'éléments détruits
  - Risque de désallocations multiples

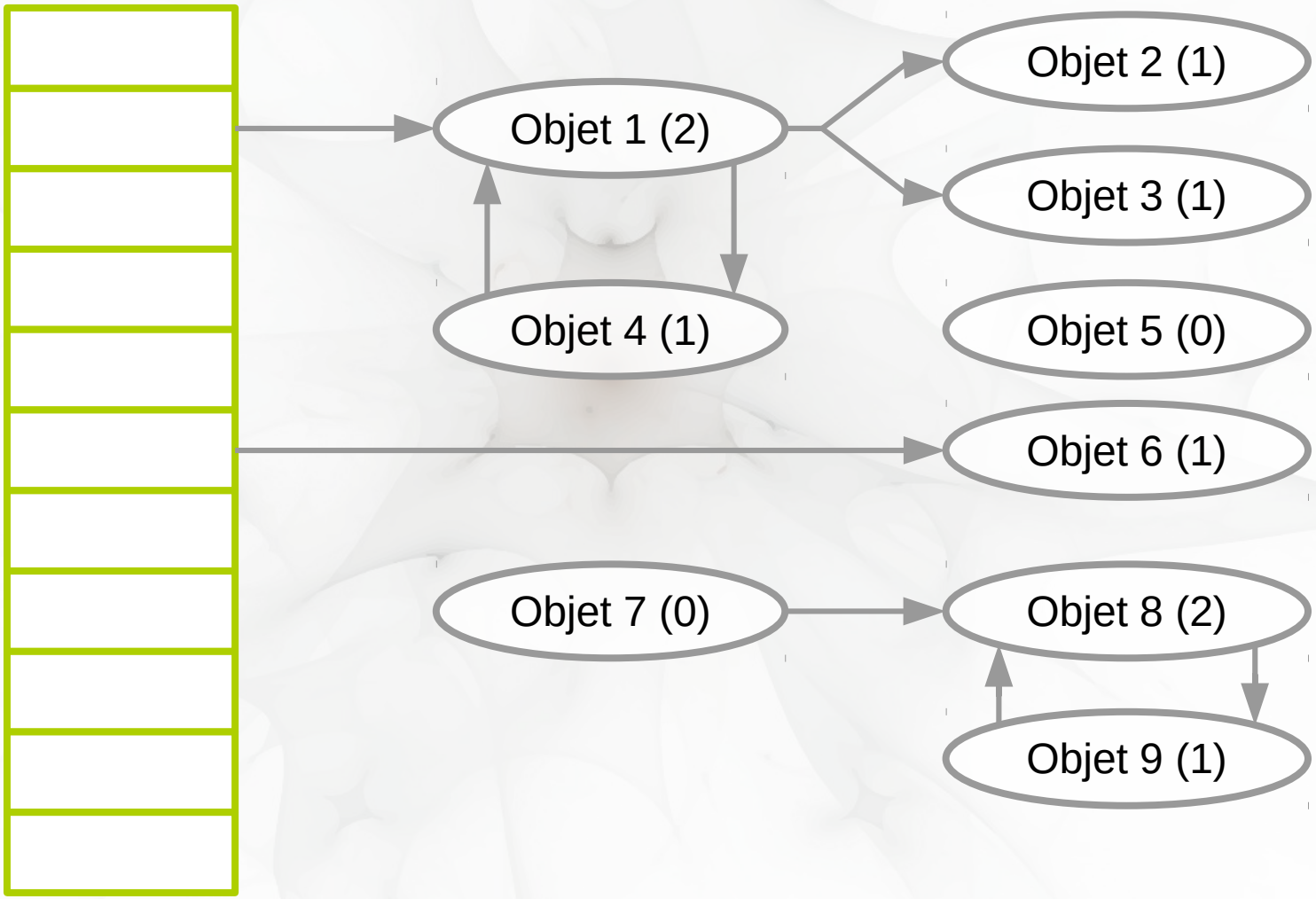
Algorithmes

- Reference counting
  - Pose problèmes
- Mark and sweep
  - Utilisé par la JVM
- Tri-color marking

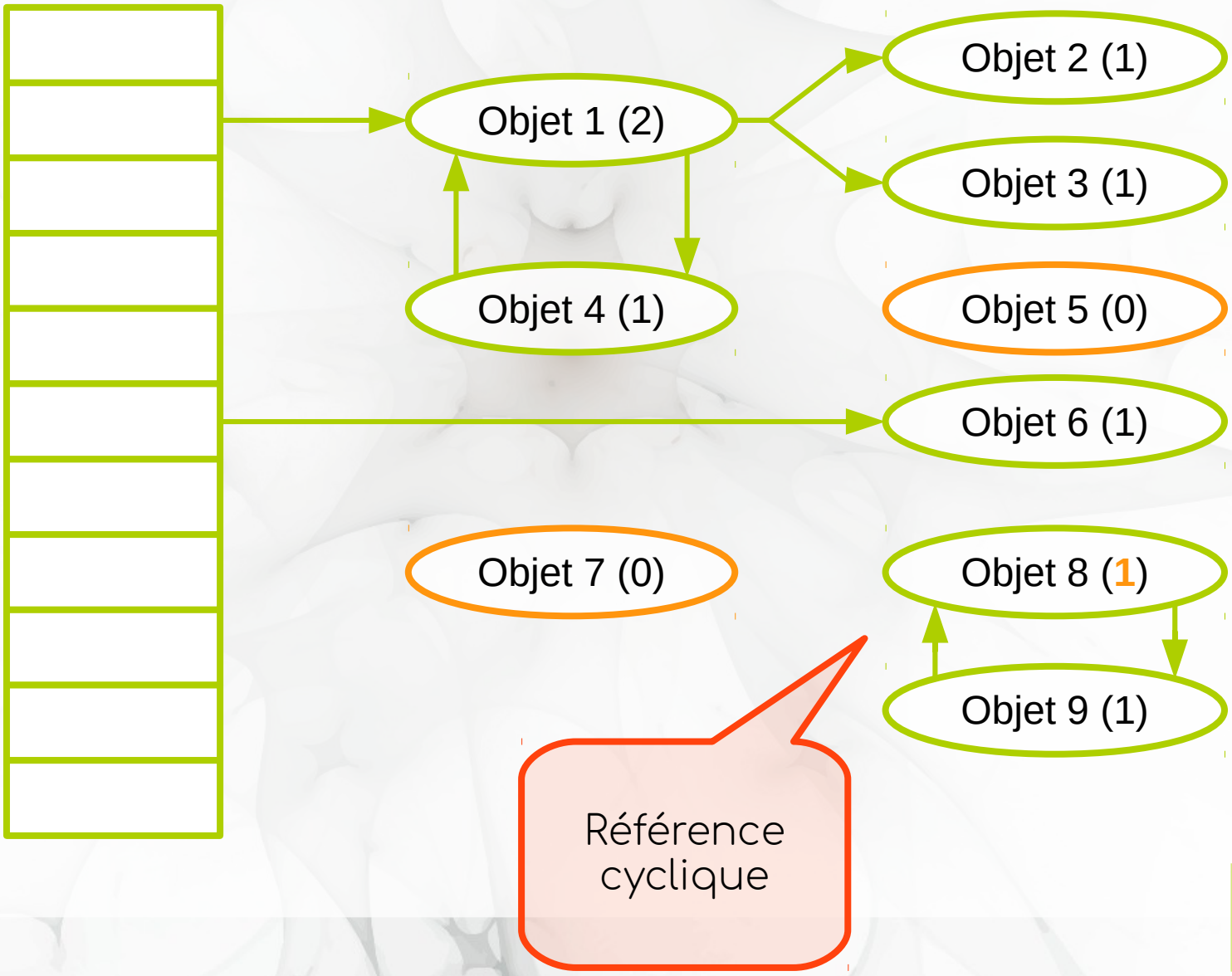
Reference Counting

- Principe :
  - Pour chaque objet, un compteur est entretenu
  - Incrémenté en cas d'une nouvelle référence
  - Décrémenté en cas de destruction d'un parent (parcours en profondeur du graphe)
  - Quand le compteur est à 0, l'objet peut être détruit

Reference Counting



Reference Counting



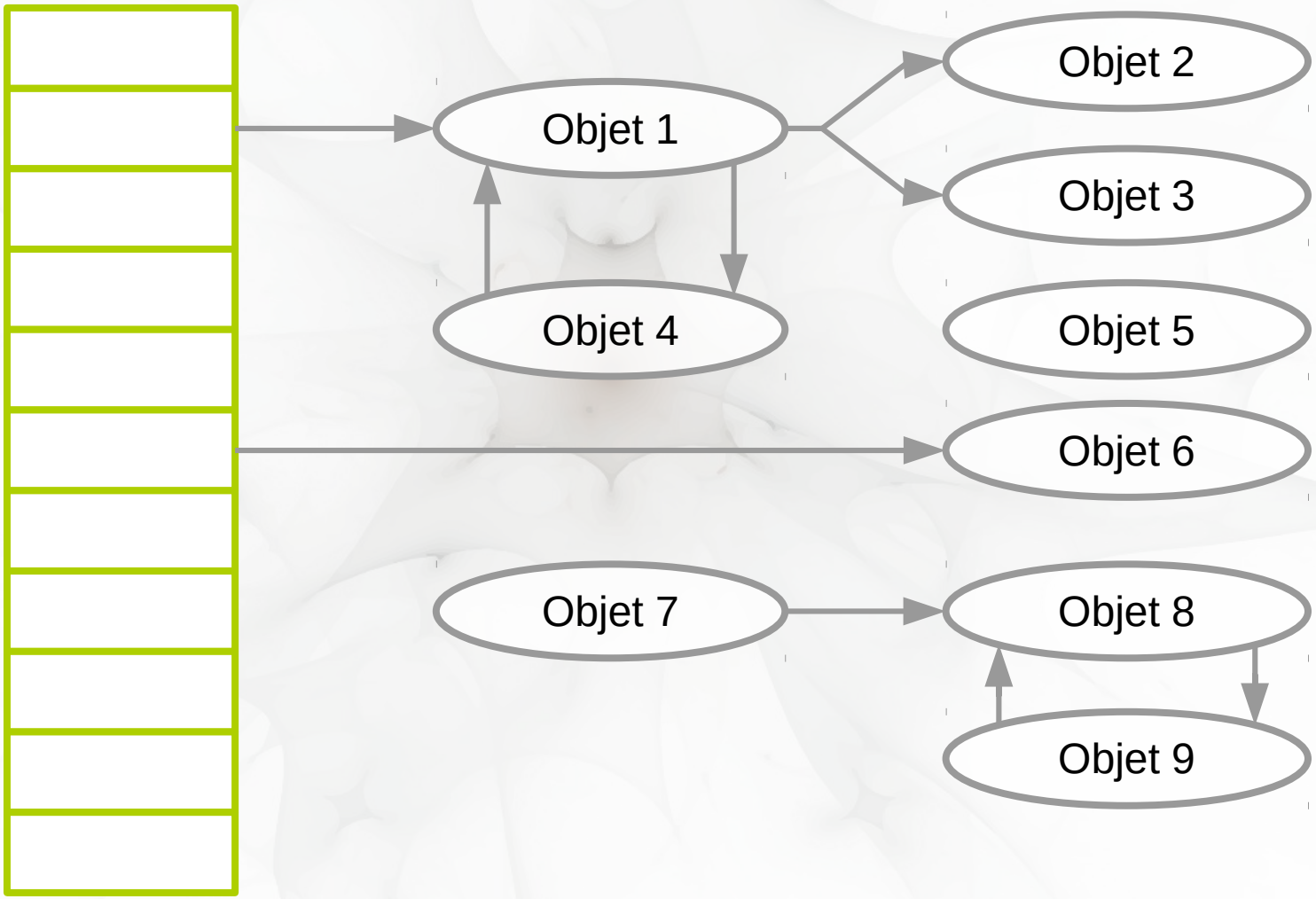
Reference Counting

- Avantages :
  - Mis à jour en temps réel
  - Complexité et coûts mémoire faibles
- Inconvénients :
  - Cas des références cycliques (des objets se référençant mutuellement)

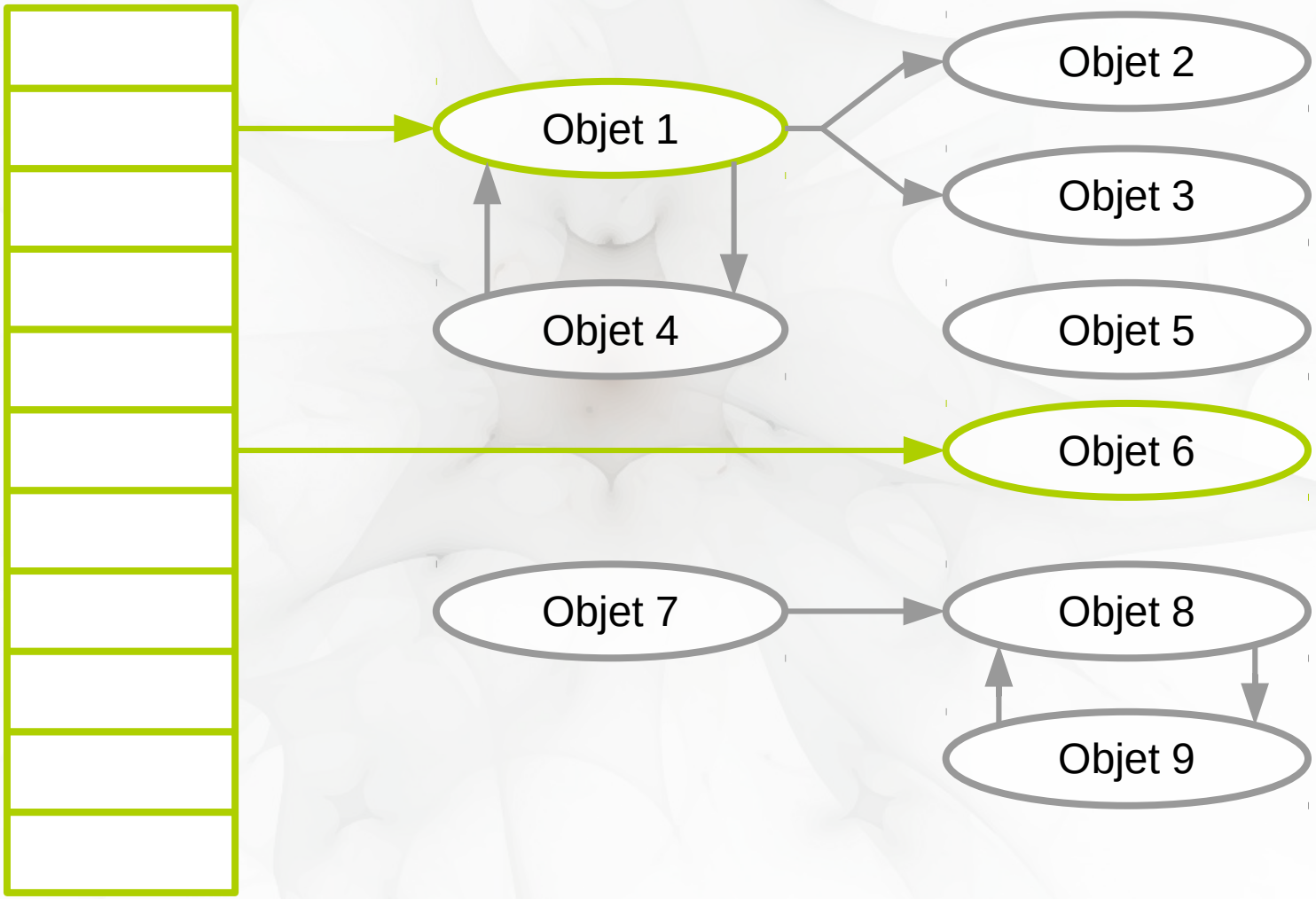
Mark and Sweep

- Principe :
  - Nécessite un flag booléen par objet
  - Étape 1 : Parcours en profondeur de l'arbre et marquage des objets utilisés
  - Étape 2 : Suppression des objets non marqués
  - Étape 3 : Nettoyage des flags

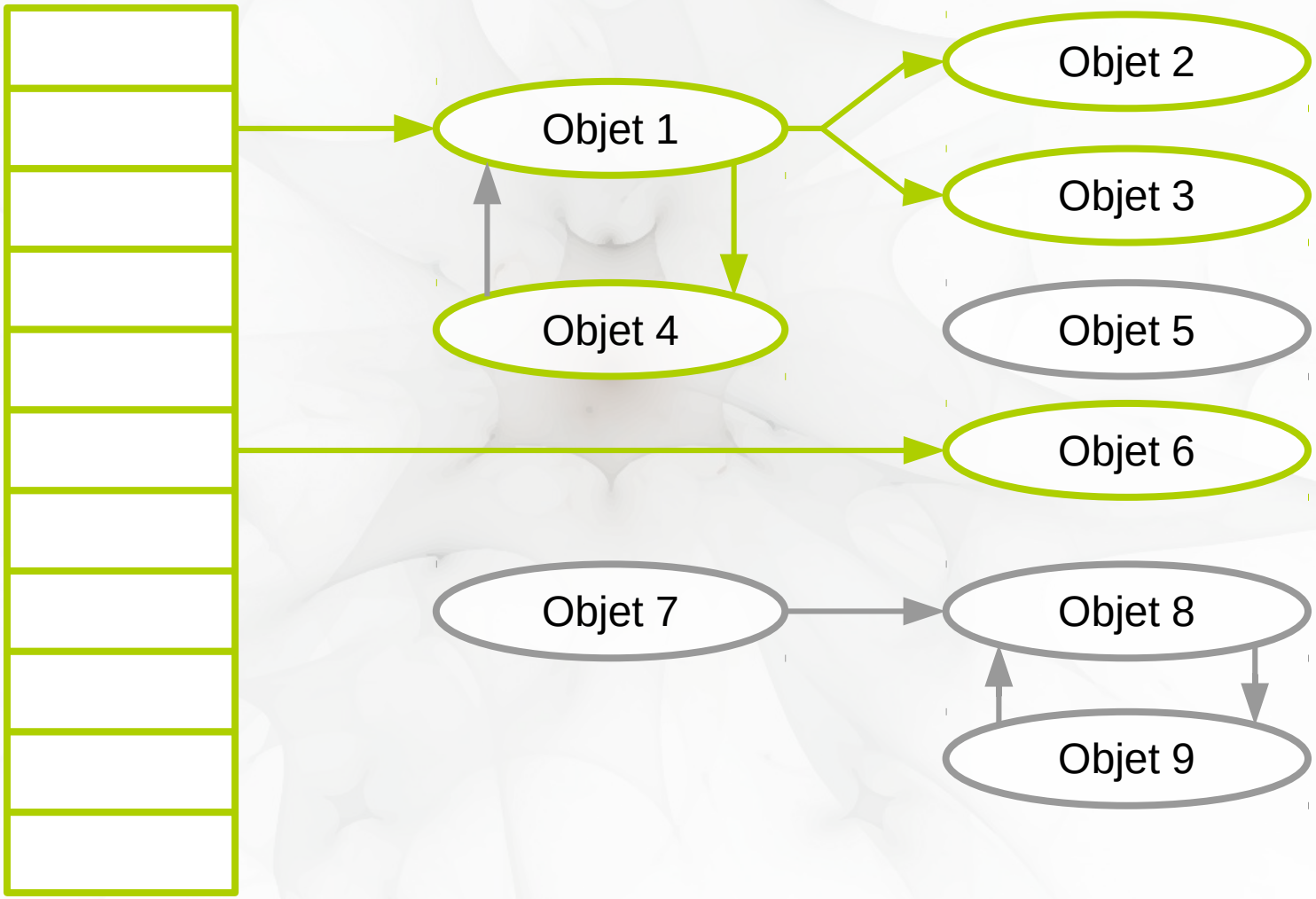
Mark and Sweep



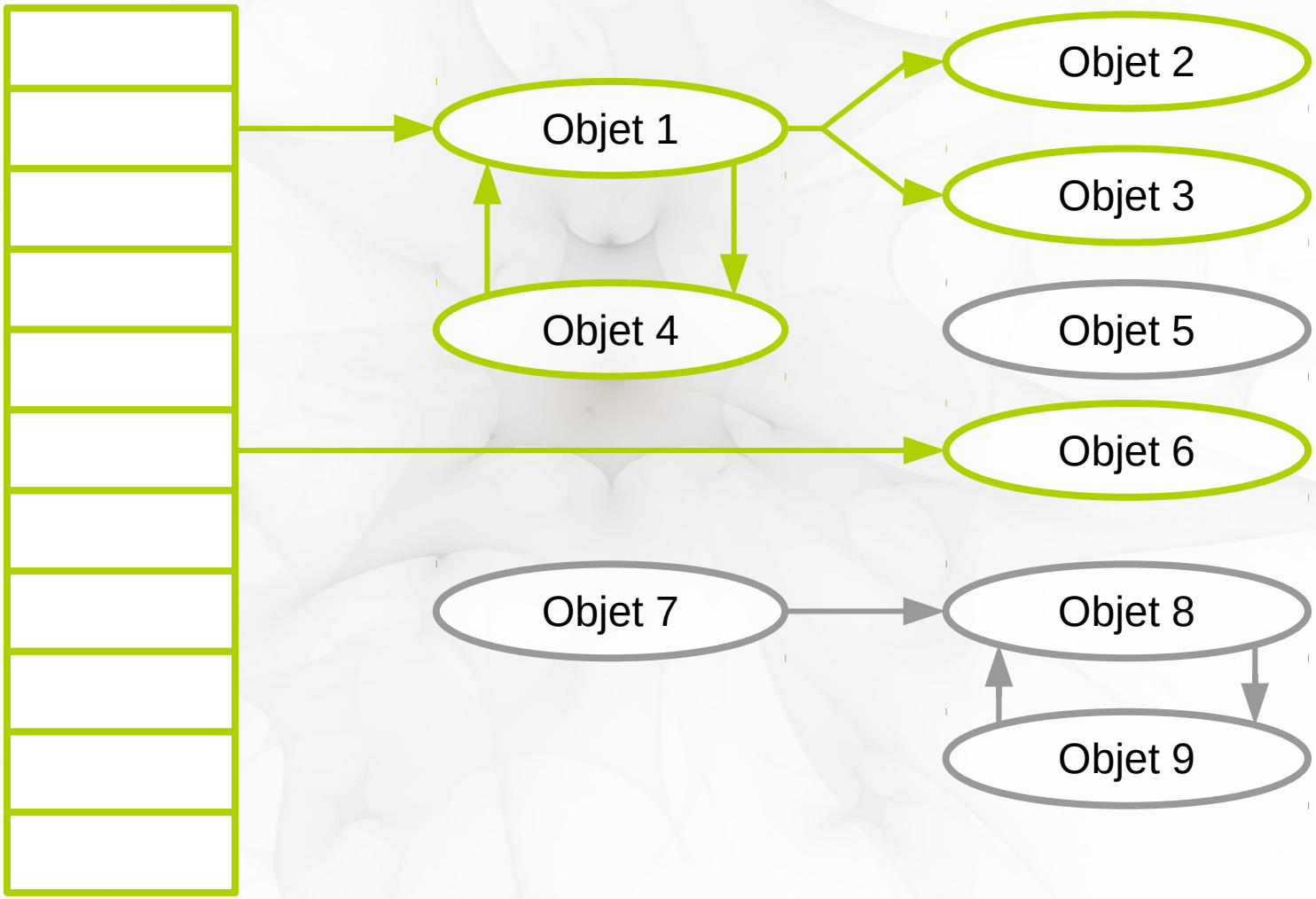
Mark and Sweep



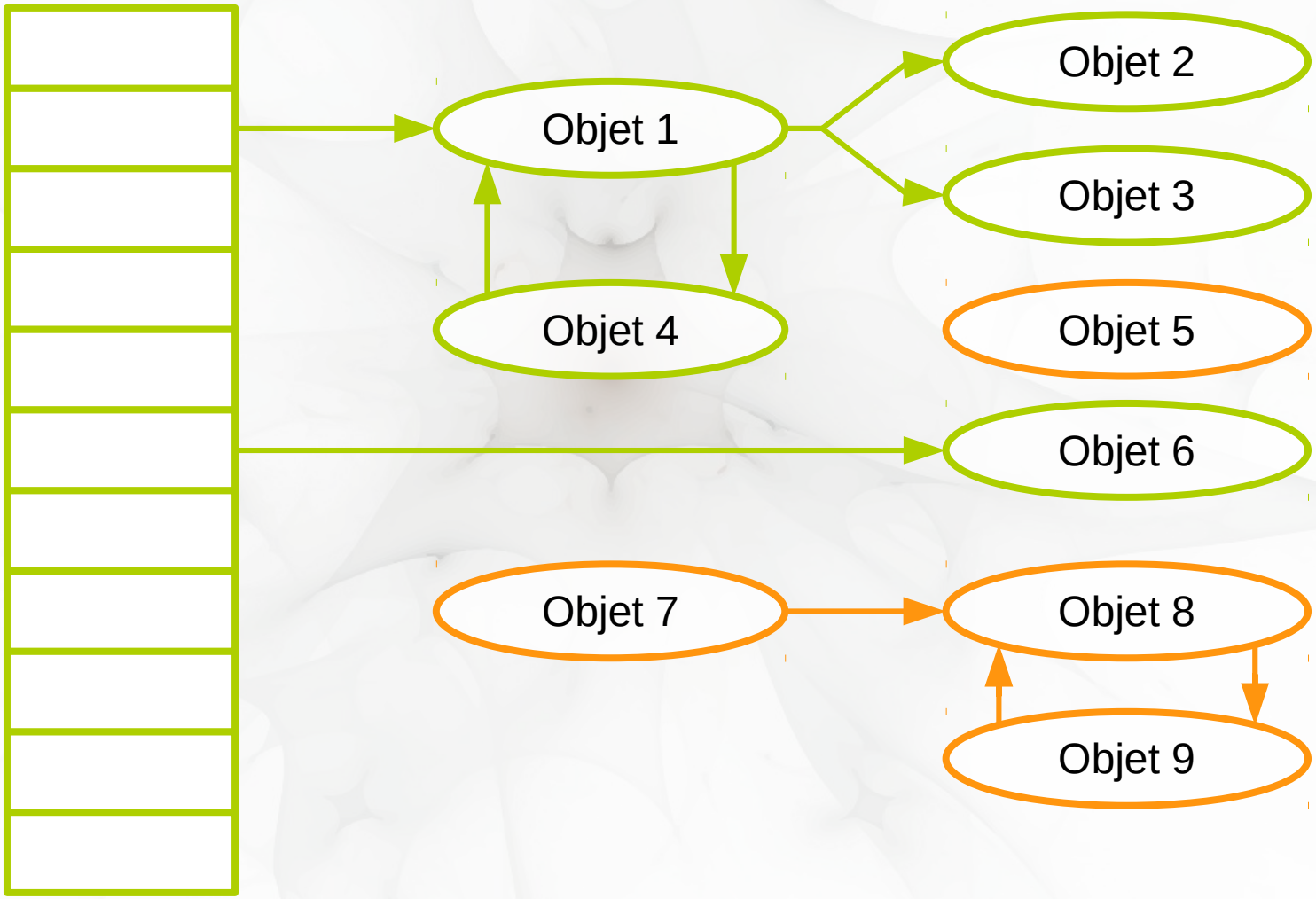
Mark and Sweep



Mark and Sweep



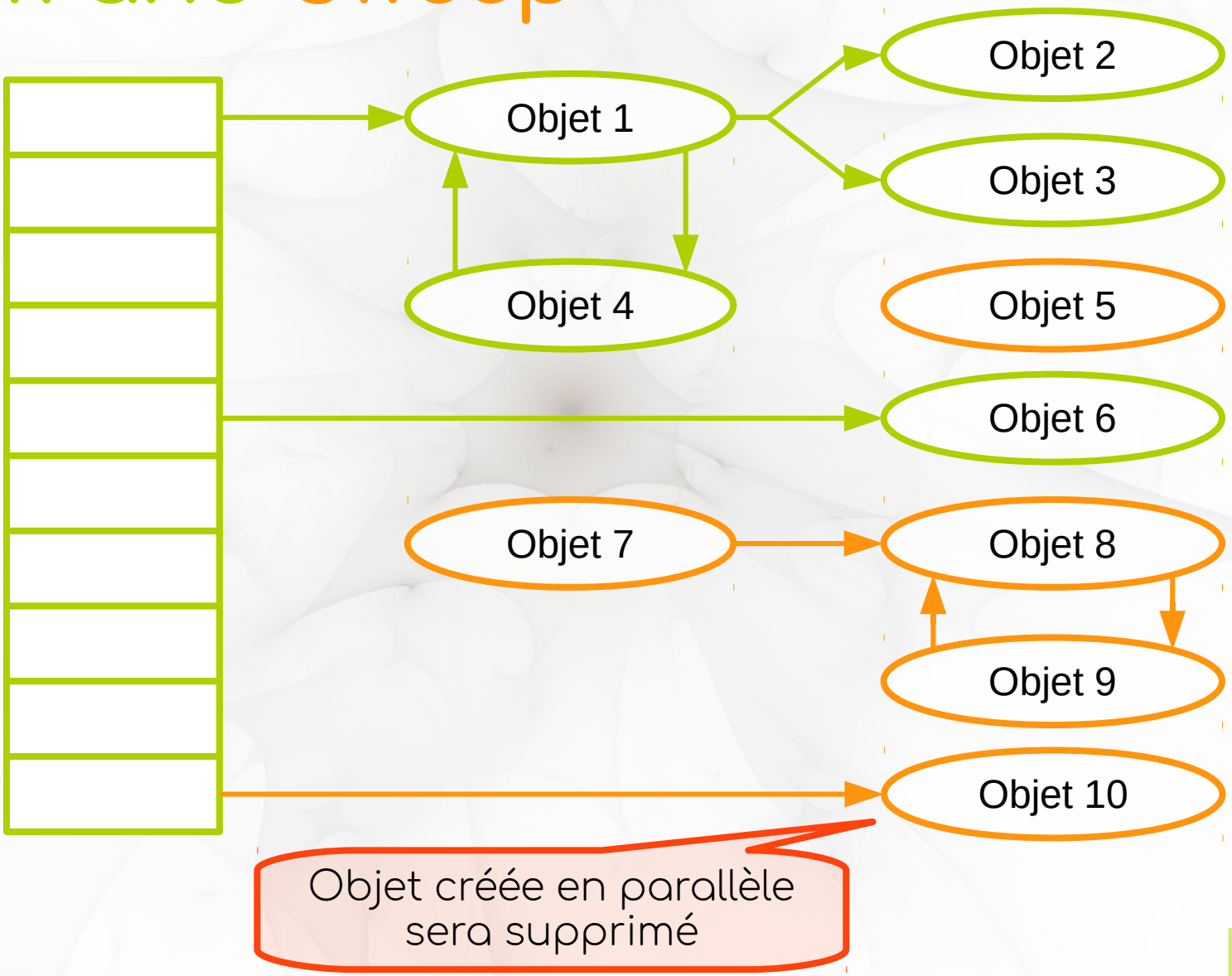
Mark and Sweep



Mark and Sweep

- Avantages :
  - Élimination des références circulaires
- Inconvénients :
  - Ne détecte pas si l'objet est dans du code inaccessible (peu important)
  - Nécessite un arrêt des accès mémoire (stop the world) → rends les applications « temps réel » ou « time critical » impossibles

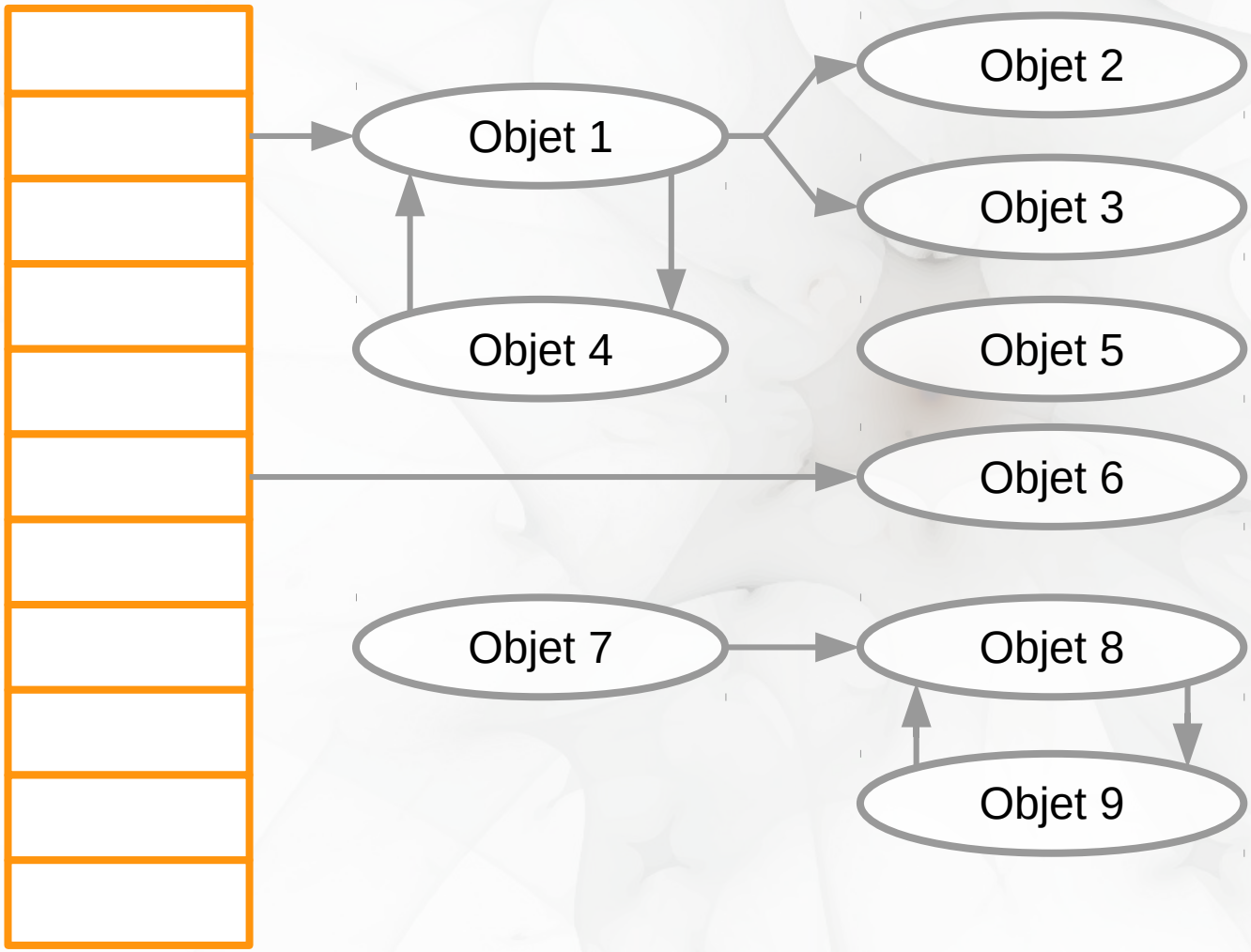
Mark and Sweep

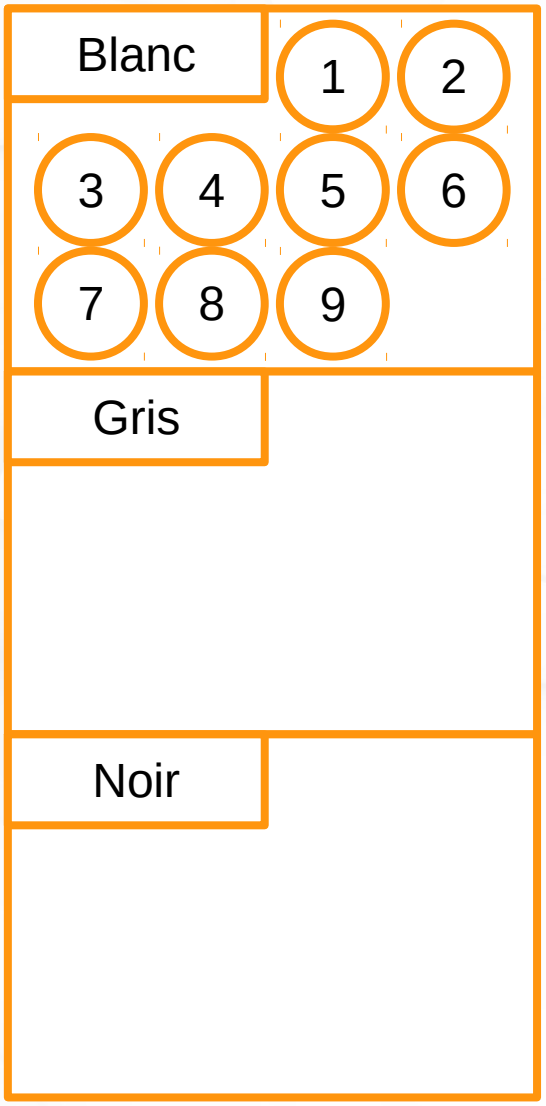


Tri-color marking

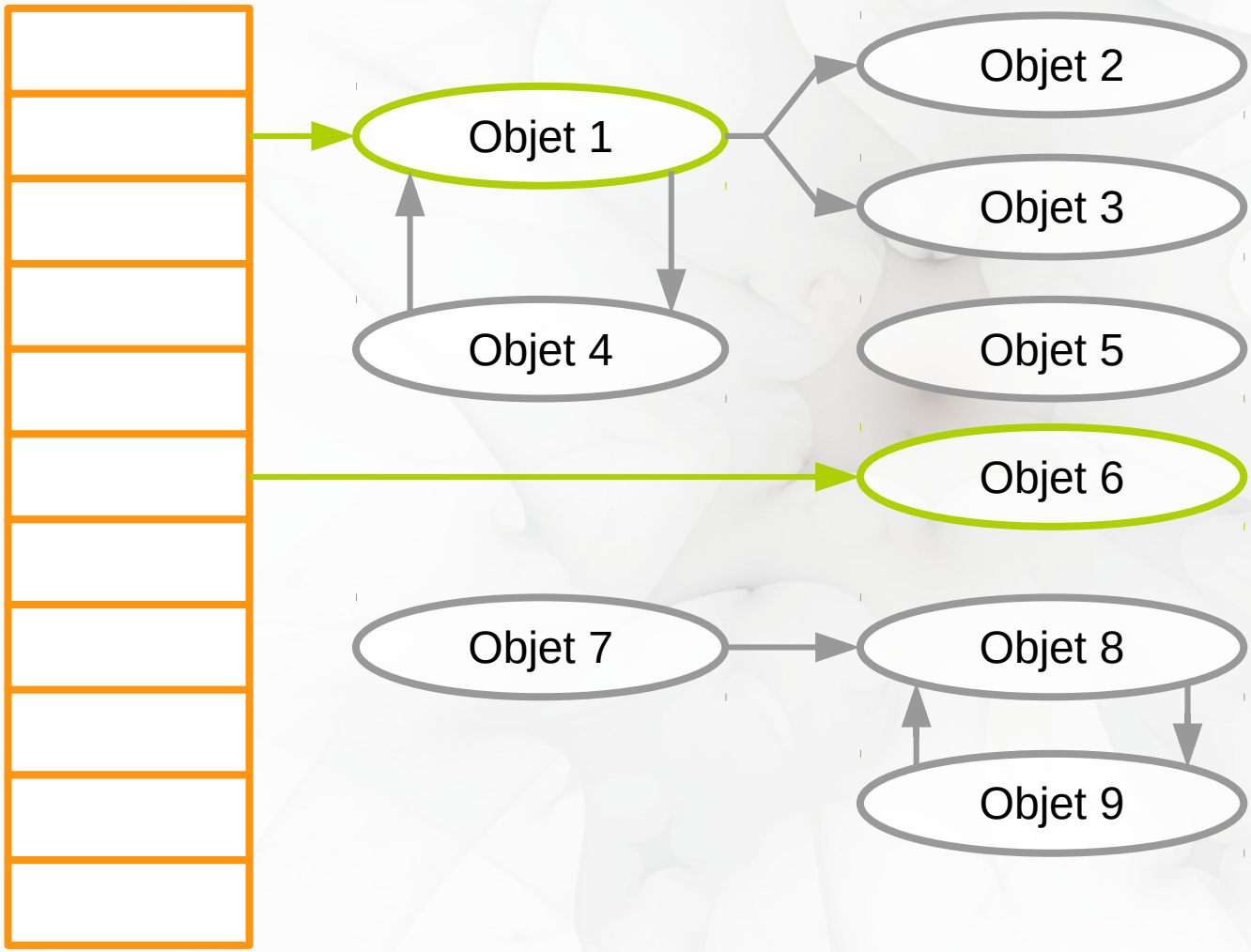
- Principe :
  - Trois ensembles sont nécessaires
  - Blanc contient tous les objets à évaluer
  - Noir, objets qui n'ont pas de lien vers un objet de l'ensemble blanc et qui sont atteignables depuis la racine (non candidats à la collection)
  - Gris, objets atteignables depuis la racine mais dont les liens n'ont pas encore été évalués

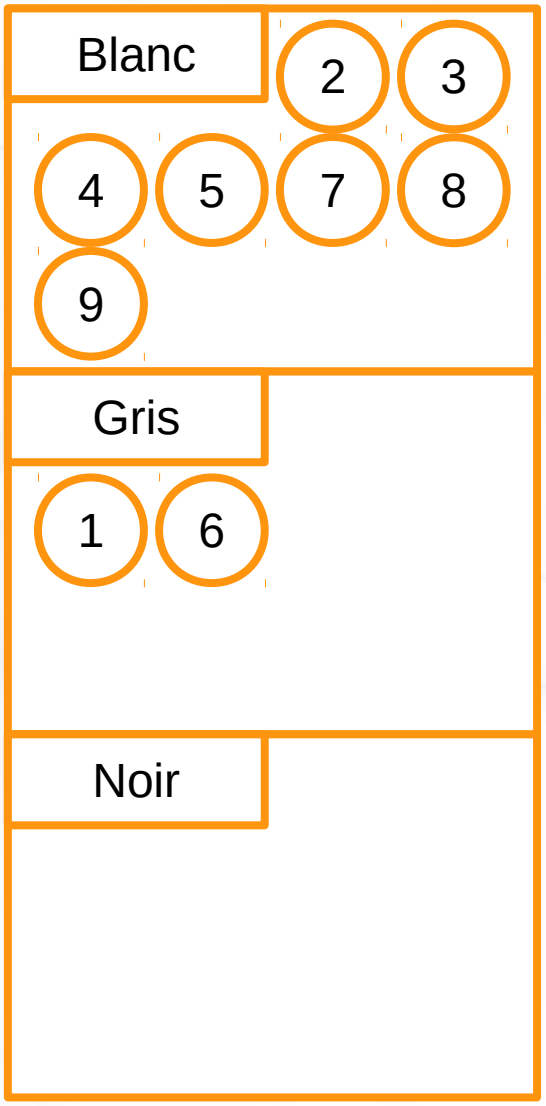
Tri-color marking



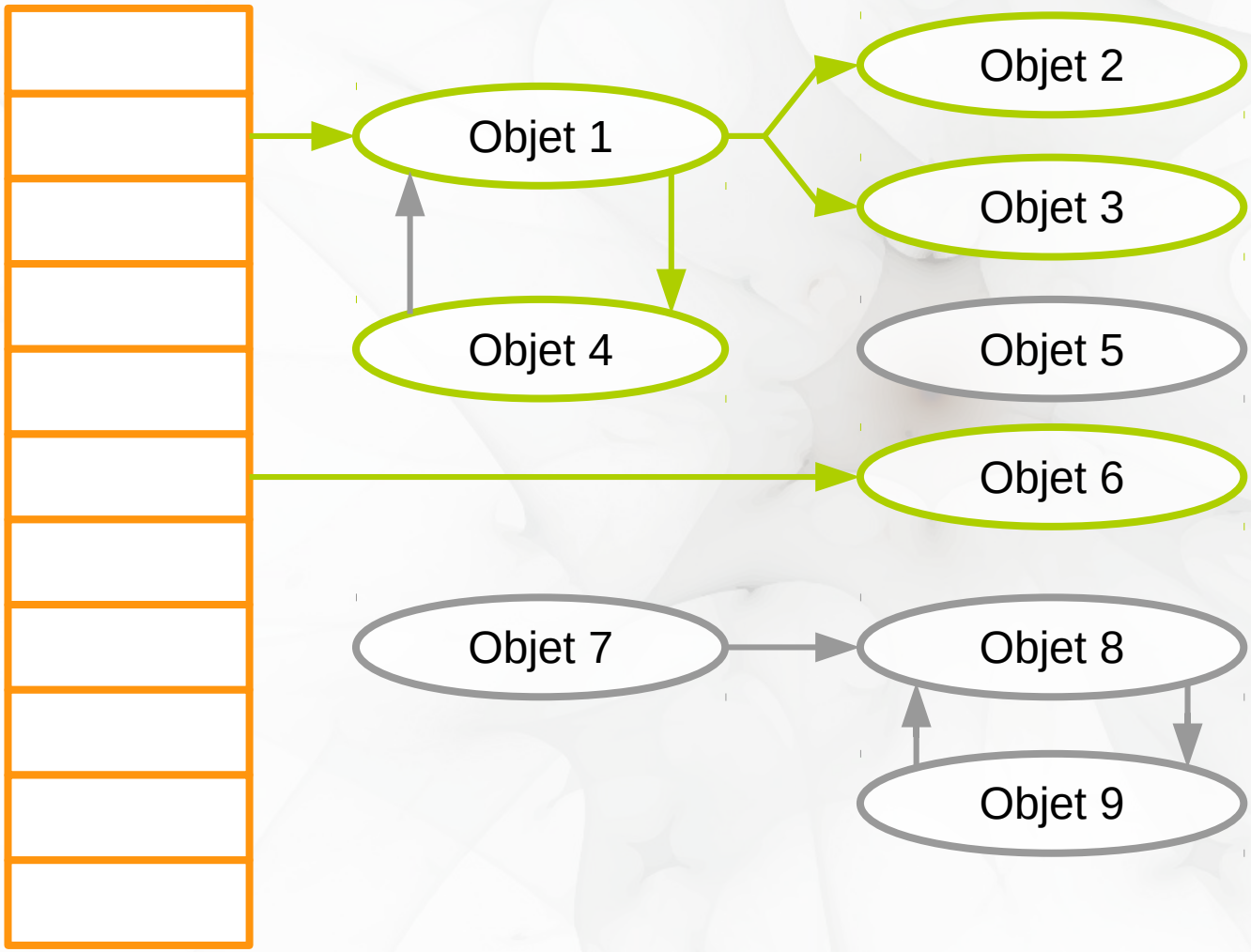


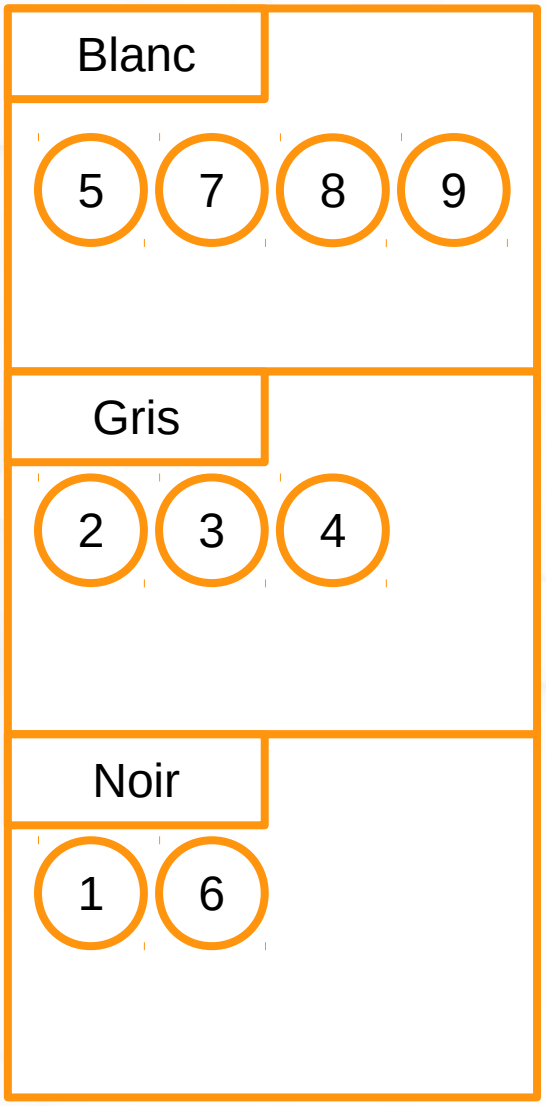
Tri-color marking



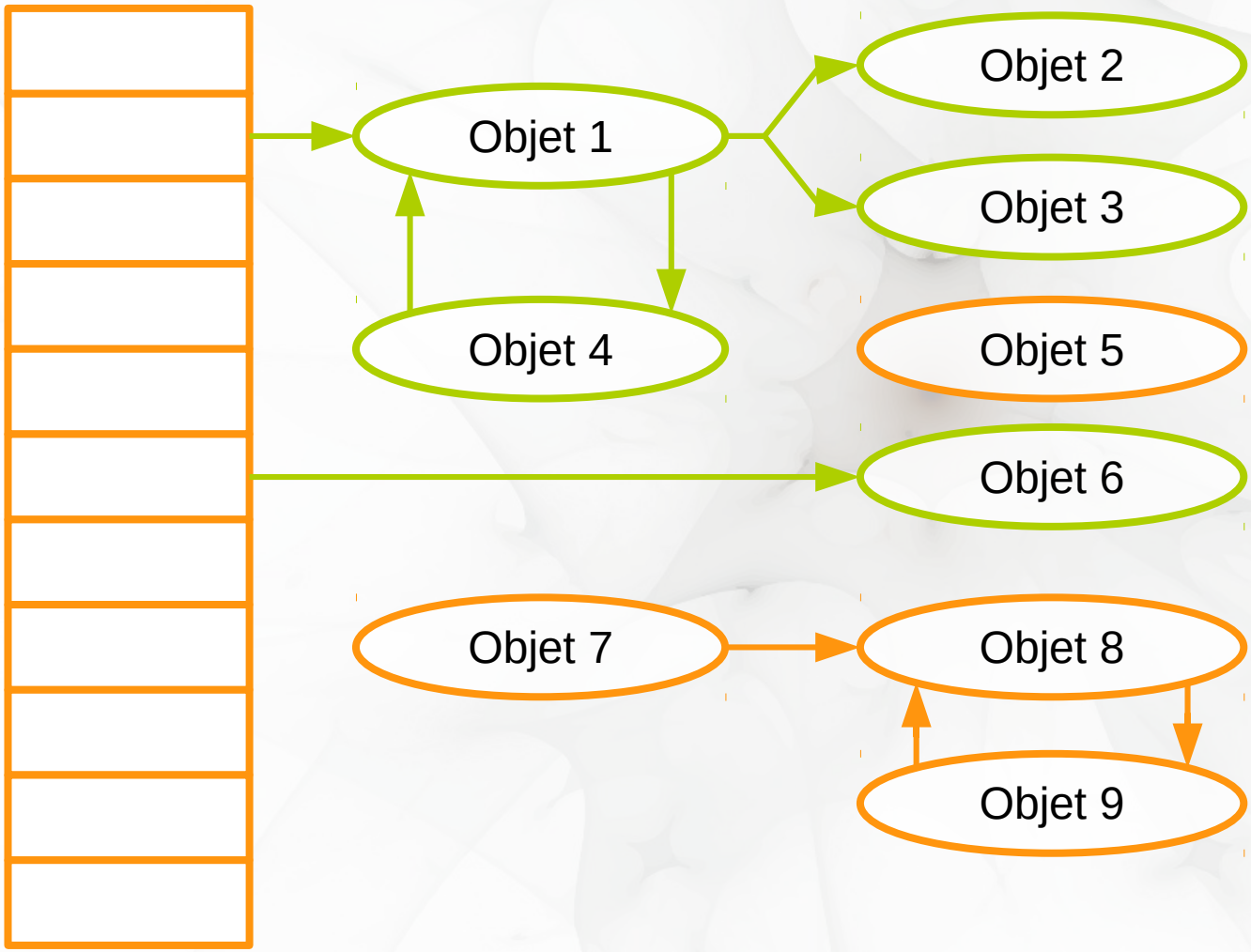


Tri-color marking





Tri-color marking



Tri-color marking

- Principe :
  - L'ensemble blanc fige l'espace de travail
  - En cas de génération de nouveaux objets durant l'exécution, ils ne seront pas pris en compte
  - Si des objets sont déréférencés durant l'exécution, ils seront évalués à la prochaine exécution
  - L'ensemble gris sert à décider si l'algorithme a fini (lorsqu'il est vide)

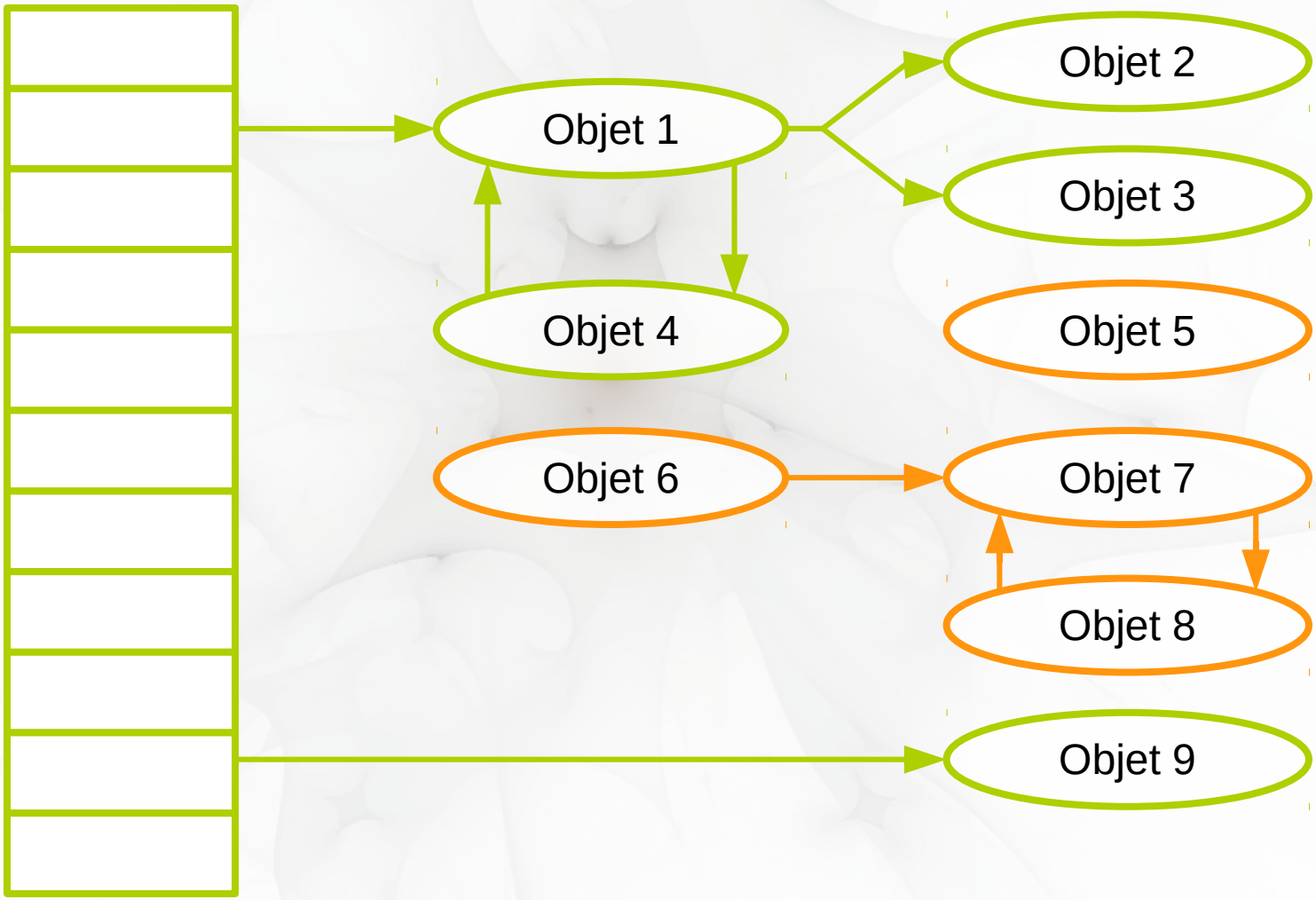
Tri-color marking

- Les objets ne peuvent être déplacés que du blanc vers le gris et du gris vers le noir
- Comme aucun objet noir ne peut référencer un objet blanc, une fois que l'ensemble gris est vide les objets peuvent êtres supprimés
- Avantage :
  - Élimination des références circulaires
  - Peut être exécuté en parallèle du programme

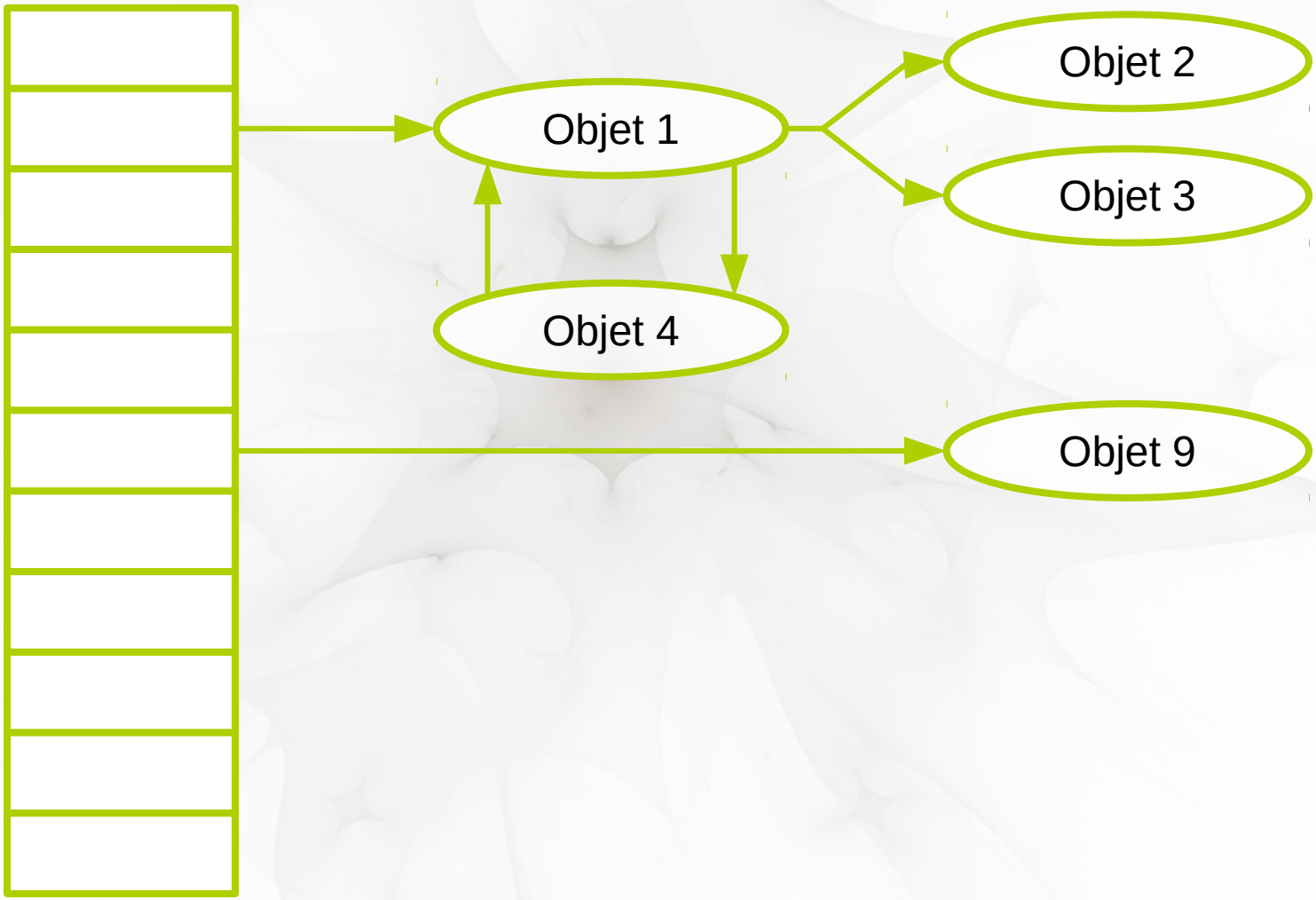
Moving vs Non-Moving

- Après la collection des objets inaccessibles, les objets restants peuvent rester sur place
- Ou être recopiés dans une nouvelle zone mémoire
- But : éviter la fragmentation de la mémoire avec des zones vides
- Désavantages :
  - Coût de la copie
  - Ne permet plus l'arithmétique de pointeurs

Moving


Objet 1
Objet 2
Objet 3
Objet 4
Objet 5
Objet 6
Objet 7
Objet 8
Objet 9

Moving



Stop the world vs Concurrent

- Les algorithmes Stop the world, suspendent l'exécution du programme lors de la collection
  - Posent des problèmes de performance
  - Rendent impossible les programmes Temps réel
- Les algorithmes Concurrents rendent possible la collection sans que le programme ne soit suspendu

Merci de votre attention