Le langage et ses traductions
Axiomatique impérative

Karine Zampieri, Stéphane Rivière

Unisciel algoprog Version 22 mai 2018

Table des matières

1 Le langage **4**
1.1 Le langage . . . 4
1.2 Les mots-clés . . . 4
1.3 Les identifiants . . . 5
1.4 Séparateurs et espaces blancs . . . 5
1.5 Types intégrés . . . 6
1.6 Littéraux . . . 6

2 Structure d'un algorithme **7**
2.1 Structure générale . . . 7
2.2 Commentaire . . . 7
2.3 Inclure un fichier . . . 8

3 Déclarations **9**
3.1 Déclaration de variables . . . 9
3.2 Définition de constante . . . 9
3.3 Définition d'une énumération . . . 9
3.4 Synonyme de type . . . 10

4 Instructions élémentaires **11**
4.1 Primitives . . . 11
4.2 Saisie de données . . . 11
4.3 Affichage de résultats . . . 12
4.4 Formats d'édition . . . 12
4.5 Affectation interne . . . 13
4.6 Instruction composée . . . 14

5 Structures conditionnelles **15**
5.1 Sélective Si . . . 15
5.2 Sélective Si-Alors . . . 15
5.3 Sélective Si-Sinon-Si . . . 16
5.4 Sélective Selon (listes de valeurs) . . . 16

6 Structures répétitives **19**
6.1 Répétitive Itérer . . . 19
6.2 Répétitive Pour . . . 19
6.3 Répétitive TantQue . . . 20
6.4 Répétitive Répéter . . . 21
6.5 Ruptures de séquence (de bloc) . . . 22

7 Fonction **24**
7.1 Profil de fonction . . . 24
7.2 Instruction de retour . . . 24
7.3 Schéma d'une fonction . . . 25
7.4 Appel d'une fonction . . . 25

8 Procédure **27**
8.1 Profil de procédure . . . 27
8.2 Schéma d'une procédure . . . 27
8.3 Paramètres formels . . . 27
8.4 Appel d'une procédure . . . 28

9 Tableaux **29**
9.1 Déclaration et initialisation d'un tableau . . . 29
9.2 Accès indiciel . . . 29
9.3 Déclaration et initialisation d'un k-tableau . . . 30
9.4 Accès indiciel . . . 30

10 Types complexes **32**
10.1 Définition d'un type structuré . . . 32
10.2 Déclaration et initialisation d'une variable structurée . . . 32
10.3 Accès aux champs d'une structure . . . 32

11 Fichiers **33**
11.1 Déclaration de fichier . . . 33
11.2 Ouverture d'un canal d'entrée/sortie . . . 33
11.3 Fermeture d'un canal d'entrées/sorties . . . 33
11.4 Lecture depuis un canal d'entrée . . . 34
11.5 Écriture sur un canal de sortie . . . 34
11.6 Détection de fin de contenu . . . 35

12 Opérateurs **36**
12.1 Opérateurs arithmétiques . . . 36
12.2 Opérateurs de comparaison . . . 37
12.3 Opérateurs logiques . . . 37
12.4 Opérateur Si-expression . . . 38
12.5 Priorité des opérateurs . . . 38

13 Fonctions prédéfinies **40**
13.1 Fonctions mathématiques . . . 40
13.2 Fonctions caractère . . . 40
13.3 Opérations de chaînes . . . 40

Java - Le langage et ses traductions

Objectif

Ce module donne la syntaxe et la description sémantique de l'axiomatique impérative dans le langage algorithmique et ses traductions dans divers langages de programmation.

1 Le langage

1.1 Le langage

Règles, Alphabet du langage, Éléments lexicaux

Tout **langage** de programmation possède :

- Des **règles de présentation** (aspect lexical).
- Des **règles d'écriture** (une syntaxe).
- Des **règles d'interprétation** (une sémantique).

L'**alphabet du langage** permet de construire les mots et les expressions. Comme toute phrase d'un langage courant, il est composé de mots appelés **lexèmes** ou **éléments lexicaux** (*tokens*).

Le langage Java

Langage de programmation *orienté objet* (OO) et *fortement typé*.

Alphabet du langage

C'est celui de la langue anglaise (majuscules et minuscules), les chiffres 0-9, quelques symboles spéciaux (ceux des mathématiques par exemple) et quelques symboles de ponctuation. Le codage étant en UTF8, les lettres accentuées sont autorisées dans les lexèmes.

La casse

Le langage est *case-sensitif* (sensible à la casse)[1] et les accentués sont autorisés. Ceci signifie que `cout`, `Cout` et `COUT` réfèrent trois mots différents et `coût` est licite.

1.2 Les mots-clés

Mots-clés (*keywords*)

Dits aussi **mots réservés**, ils constituent le vocabulaire du langage. Ils forment l'ossature d'un programme en définissant la structure de ses données ou de ses instructions.

Propriété

Les mots-clés ont une **signification inchangeable et prédéfinie**, c.-à-d. qu'ils ne peuvent pas être redéfinis.

Liste des mots-clés

(1) C++ (2) Java

```
(1) break case catch char class const continue default do double else enum false float
    for if int long new private protected public return short static switch this throw
    true try void volatile while
(2) abstract assert boolean byte extends final finally goto implements import instanceof
    interface native package strictfp super synchronized throws transient
```

1. Il fait la distinction entre minuscules/majuscules.

Environnements IDE
Les mots-clés y sont en gras (ou en couleurs).

1.3 Les identifiants

Identifiant
Dit aussi **identificateur**, c'est un **nom** choisi par le concepteur pour désigner les entités : variable, fonction, type, etc. Cette définition reste valable dans son domaine de validité, à condition qu'elle ne soit pas recouverte par une autre définition. Il **ne doit pas** correspondre à un mot-clé.

Identifiant
Séquence de lettres (A...Z, a...z), de chiffres (0...9), de lettres accentuées ou du caractère souligné (`_`, *underscore* en terme anglo-saxon) ou `$`, `?`, μ. Le premier caractère doit être différent d'un chiffre.

Le souligné est significatif
Ainsi `a`, `a_` et `_a` sont des identifiants différents.

1.4 Séparateurs et espaces blancs

Espace blanc
Suite de un ou plusieurs caractères choisis parmi : espace, tabulation horizontale, tabulation verticale, changement de ligne ou changement de page.

Séparateurs
Comprend les opérateurs (`+`, `-`, `*`, `/`...) et les caractères de « ponctuation ».

Quelques séparateurs

	Symbole	Rôle
`{}`	accolades	délimitent les blocs
`()`	parenthèses	encadrent des expressions
`[]`	crochets	symboles du composant tableau
`.`	point	accès à un composant structurée
`,`	virgule	sépare les éléments d'une liste
`;`	point-virgule	sépare les instructions
`' '`	quotes	encadrent les caractères
`" "`	guillemets	encadrent les chaînes de caractères

1.5 Types intégrés

Types intégrés (*builtins*)
Dits aussi **types de base**, **types fondamentaux** ou encore **types primitifs**, ils correspondent aux données qui peuvent être traitées directement par le langage.

Types intégrés

Domaine	Algorithmique	Équivalent Java
$\mathbb{Z}$	`Entier`	`int`
$\mathbb{R}$	`Réel`	`double`
$\mathbb{B}$	`Booléen`	`boolean`
$\mathbb{A}$	`Caractère`	`char`
$\mathbb{T}$	`Chaîne`	`String`

1.6 Littéraux

Littéral
Valeur explicite au sein d'un programme.
Il possède *un type* déterminé par sa valeur (entier, réel, caractère...).

Notation scientifique d'un réel
Expression « m e p » qui signifie $m \cdot 10^p$ (où `m` est une suite de chiffres décimaux et `p` un entier). Ainsi, $12.4e-5 \equiv 12.4 \cdot 10^{-5} \equiv 0.000124$. Elle permet d'exprimer de très petits nombres (ex : 2.5e-201) et de très grands nombres (ex : 5e156).

Point décimal
Un réel se distingue d'un entier par l'ajout d'un point (.) à la fin.
Pour la lisibilité, préférez .0 (ex. 5.0 (réel) mais 5 (entier)).

Littéraux

- `Entier` : Suite de chiffres éventuellement préfixé par un signe (+ ou −).
- `Réel` : S'écrit en notation décimale ou en notation scientifique.
- `Booléen` : Ils identifient le `Vrai` (mot-clé `true`) et le `Faux` (mot-clé `false`).
- `Caractère` : Se place entre quotes (').
- `Chaîne` : Se place entre guillemets (").

2 Structure d'un algorithme

2.1 Structure générale

Structure générale

```
import des_trucs_utiles;
public class nomAlgo
{
  déclaration_des_objets_globaux
  déclarations_et_définitions_de_fonctions_utiles
  public static void main(String[] args)
  {
    corps_du_programme
  }
}
```

Explication

Un programme est constitué par :

- Un **en-tête** qui demande à l'interpréteur d'inclure les fichiers indiqués.
- Un **corps** lequel contient une classe (ici `nomAlgo`) qui porte le nom du fichier texte qui contient le programme source. Cette classe contient au moins la procédure particulière `main()` (« principale ») nécessaire pour produire du code machine *exécutable*.

Le programme commence son exécution sur l'accolade ouvrante de la procédure `main`, se déroule séquentiellement et se termine sur son accolade fermante.

Java : La procédure main

Quelques règles :

- Respectez la casse (m minuscule) ainsi que les parenthèses.
- Chaque programme possède une procédure `main()`.
- En l'absence de procédure `main()`, le programme ne démarre pas.

Conseil

On veillera à ce qu'un programme tienne sur une vingtaine de lignes (donc, en pratique, sur un écran de 40 x 80 caractères ou une page). Ceci implique que, si votre programme devait être plus long, il faudra le découper, comme nous le verrons plus loin.

2.2 Commentaire

Commentaire (narratif)

Texte qui n'est **ni lu, ni exécuté** par la machine. Il est essentiel pour rendre plus lisible et surtout plus compréhensible un programme par un être humain.

Commentaire orienté ligne

```
... // rend le reste de la ligne non-exécutable (hérité du C++)
```

Commentaire orienté bloc

```
/*
rend le code entouré non exécutable...
(hérité du C)
*/
```

2.3 Inclure un fichier

Java : Inclure un fichier

Pour utiliser modules (procédures et fonctions) définis dans une classe, il suffit que la classe soit dans le même dossier que le programme courant et d'appeler le module selon la syntaxe usuelle :

```
NomClasse.ssprg(liste_d_arguments)
```

3 Déclarations

3.1 Déclaration de variables

Déclaration de variables

Consiste à associer un type de données à une ou un groupe de variables. Toute variable doit impérativement avoir été déclarée avant de pouvoir figurer dans une instruction exécutable.

Déclaration de variables

```
TypeVar nomVar;
TypeVar nomVar1, nomVar2, ...;
```

Explication

Déclare des variables d'identifiants `nomVarI` (le nom) de type `TypeVar`.

3.2 Définition de constante

Constante

Littéral à lequel est associé un **identifiant** (par convention, écrit en MAJUSCULES) afin de rendre plus lisible et simplifier la maintenance d'un programme. C'est donc une information pour laquelle nom, type et valeur sont figés.

Définition de constante

```
final static TypeConst nomConst = expression; // notation impérative
final static TypeConst nomConst(expression); // notation objet
```

Explication

Définit la constante d'identifiant `nomConst` de type `TypeConst` et lui affecte une valeur (littéral ou expression) spécifiée.

Valeur immuable fixée à la déclaration

Toute tentative de modification est rejetée par tout compilateur qui signalera une erreur (ou un avertissement).

3.3 Définition d'une énumération

Type énuméré

Définit un ensemble de constantes entières associées une à une à des identifiants ou *énumérateurs*. Deux avantages :

- Une indication claire des possibilités de la variable lors de la déclaration.
- Une lisibilité du code grâce à l'utilisation des valeurs explicites.

Définition d'une énumération

```
enum NomType { nomVal1, nomVal2 ... };
```

Explication

Introduit `NomType` dont les valeurs discrètes sont `nomVal1`, `nomVal2`, etc.

Quid des langages de programmation ?

Chaque langage de programmation propose sa propre technique de conversion de valeurs.

- Certains langages (comme JAVA) proposent un type énuméré complet.
- D'autres (comme C et C++) proposent un type énuméré incomplet mais qui permet néanmoins une écriture comme celle ci-dessus.
- D'autres langages ne proposent rien. Pour ces derniers, l'astuce est de définir des constantes entières qui vont permettre une écriture proche de celle ci-dessus (mais sans une déclaration explicite).

3.4 Synonyme de type

Synonyme de type

Alias d'un type existant (lorsqu'un nom de type est trop long ou est difficile à manipuler).

Synonyme de type

N'existe pas.

Typedef = Définition

N'introduit pas de nouveau type mais un **nouveau nom** pour le type.

4 Instructions élémentaires

4.1 Primitives

Bibliothèque
Ensemble de fonctionnalités ajoutées à un langage de programmation.
Chaque bibliothèque décrit un thème.

Pour les utiliser

```
import nomBiblio*; // importe tous les éléments
import nomBiblio.nomElem; // importe nomElem de nomBiblio
```

Primitives
Noms de fonctions (`abs`, `log`, `sin`...), d'opérateurs (`div`, `mod`...) ou de traitement (`afficher`, `saisir`...). Elles acceptent un ou plusieurs paramètres et jouent le même rôle syntaxique qu'un identifiant.

Appel d'une primitive

```
P(x,...); // procédure
r = F(x,...) // fonction
```

Explication
Appelle (on dit aussi **invoque**) la procédure `P` ou la fonction `F` avec les arguments `x`... Dans le cas de fonction, la valeur retournée peut être utilisée en tant que macro-expression.

4.2 Saisie de données

Saisie de données

```
Scanner input = new Scanner(System.in);
nomVarI = input.next();       // lecture d'une chaîne
nomVarI = input.nextLine();   // lecture d'une ligne
nomVarI = input.nextInt();    // lecture d'un entier
nomVarI = input.nextDouble(); // lecture d'un réel
nomVarI = input.nextChar();   // lecture d'un caractère <=> input.next().charAt(0);
```

Explication
Ordonne à la machine de lire des valeurs `valI` depuis le clavier et de les stocker dans les variables `nomVarI` (qui doivent exister c.-à-d. déclarées).

Remarque
Par défaut, ce qui est tapé au clavier est envoyé à l'écran et temporairement placé dans un tampon pour permettre la correction d'erreurs de frappe. On peut donc se servir des touches [←] et [Suppr] pour effacer un caractère erroné ainsi que les flèches [<] et [>] pour se déplacer dans le texte.

Java : Saisie d'un réel
En France, un nombre réel s'écrit avec une virgule alors qu'aux États-Unis, on utilise le point. En utilisant la classe `Scanner` sur un système d'exploitation réglé en zone française, il faut saisir les valeurs réelles avec une virgule. Pour utiliser la notation américaine, il convient de modifier la localité (bibliothèque `java.util.Locale`) grâce à l'instruction :

```
cin.useLocale(Locale.US); // ou bien: cin.useLocale(Locale.ENGLISH)
```

L'instruction suivante permet de revenir à la saisie des valeurs réelles avec une virgule :

```
cin.useLocale(Locale.FRENCH);
```

4.3 Affichage de résultats

Affichage de résultats

```
System.out.print(expr1+expr2+...+exprN);   // SANS retour de ligne
System.out.println(expr1+expr2+...+exprN); // AVEC retour de ligne
```

Explication
Ordonne à la machine d'afficher les **valeurs** des expressions `exprI`. Par défaut, elles ne sont pas séparées par des espaces. Ajoutez le(s) délimiteur(s) si nécessaire.

Remarque
Le « ln » de `print` signifie *line-feed* (retour-à-la-ligne).

Java
Avec les versions 6 et 7, la classe `System` est dotée d'une méthode `console` qui traite correctement tous les caractères (y compris les accents).

Variables devant être initialisées
On ne peut *afficher* que des expressions dont les variables qui la composent ont été affectées préalablement.

4.4 Formats d'édition

Format d'édition d'une expression
Indique de quelle façon doit être cadrée l'expression à afficher. Il s'applique aux valeurs de type `Chaîne`, `Entier` ou `Réel`.

Formats d'édition

```
System.out.printf("txtfmt", expr1, expr2, ..., exprN);
```

Explication

Définit le format d'édition. L'entier `largeur1` indique sur combien de caractères doit être écrite l'expression. L'entier `largeur2` précise le nombre de chiffres après le point décimal des réels. Le symbole `txtfmt` est le texte à afficher contenant des formats d'affichage qui commencent par le symbole `%` suivi d'un éventuel format d'affichage `largeur1.largeur2` puis d'une lettre indiquant la nature de l'expression affichée :

- `%d` Pour un entier
- `%f` Pour un réel en format décimal
- `%c` Pour un caractère
- `%s` Pour une chaîne

Pour afficher le caractère `%`, il faut écrire `%%`.

Règle d'affichage

Si le format est :

- **Égal** à la longueur nécessaire à l'édition de la valeur : la valeur est écrite telle quelle.
- **Inférieur** à la longueur : il est ignoré et la valeur est écrite sur la longueur nécessaire.
- **Supérieur** à la longueur : le système effectue un cadrage de la valeur à afficher à l'intérieur du format qui lui a été spécifié. Les données numériques sont cadrées à droite sur le point décimal, et les données alphanumériques cadrées à gauche.

4.5 Affectation interne

Affectation interne

Opération qui **fixe une valeur** à une variable.

Affectation interne

```
nomVar = expression;
```

Explication

Place la valeur de l'`expression` dans la zone mémoire de la variable de nom `nomVar`. En algorithmique, le symbole <- (qui se lit « devient ») indique le sens du mouvement : de l'expression située à droite **vers** la variable à gauche.

Rappel

Toutes les variables apparaissant dans l'`expression` doivent avoir été affectés préalablement. Le contraire provoquerait un arrêt de l'algorithme.

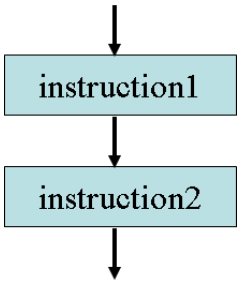
Conversions implicites
Il est de règle que le résultat de l'expression à droite du signe d'affectation soit de même type que la variable à sa gauche.

4.6 Instruction composée

Instruction
Ordre donné à l'ordinateur qui a pour effet de changer l'état de la mémoire ou le déroulement du programme ou bien de communiquer avec les unités périphériques (clavier, écran, imprimante, etc.).

Instruction composée ou Bloc
Regroupement syntaxique de 0, 1 ou plusieurs instructions (et déclarations) comme une unique instruction.

Séquentialité
Les algorithmes et programmes présentés sont exclusivement séquentiels : l'`instruction2` ne sera traité qu'une fois l'exécution de l'`instruction1` achevée.



Bloc

```
{
  instruction1;
  instruction2;
  ...
}
```

Conventions usuelles
Savoir présenter un programme, c'est montrer que l'on a compris son exécution.

- Chaque ligne comporte une seule instruction.

  Java Le point-virgule « ; » est le terminateur d'instructions.
- Les indentations sont nécessaires à sa bonne lisibilité. Ainsi :

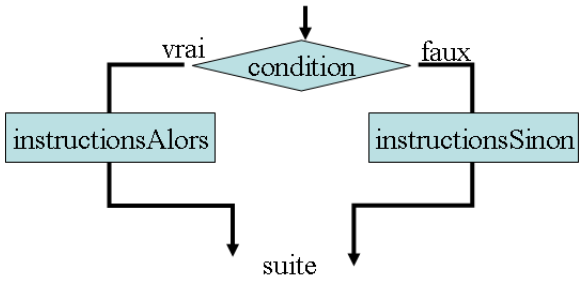
  Java Alignez les accolades de début `{` et fin `}` de bloc l'une sous l'autre.

5 Structures conditionnelles

5.1 Sélective Si

Sélective Si

Elle traduit : `Si` la `condition` est vraie, exécuter les `instructionsAlors`, `Sinon` exécuter les `instructionsSinon`. Il s'agit d'un choix binaire : **une et une seule** des deux séquences est exécutée.



La `condition` peut être simple ou complexe (avec des parenthèses et/ou des opérateurs logiques `Et`, `Ou`, `Non`).

Sélective Si

```
if (condition)
{
  instructionsAlors;
}
else
{
  instructionsSinon;
}
```

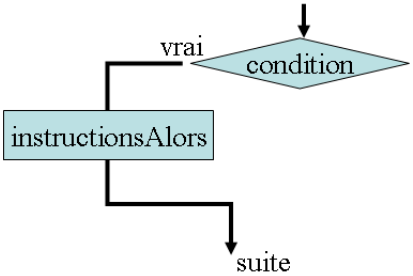
Java

Notez l'absence du mot-clé `Alors` d'où l'obligation des parenthèses autour de la condition.

5.2 Sélective Si-Alors

Sélective Si-Alors

Forme restreinte de la structure `Si` (sans clause `Sinon`).



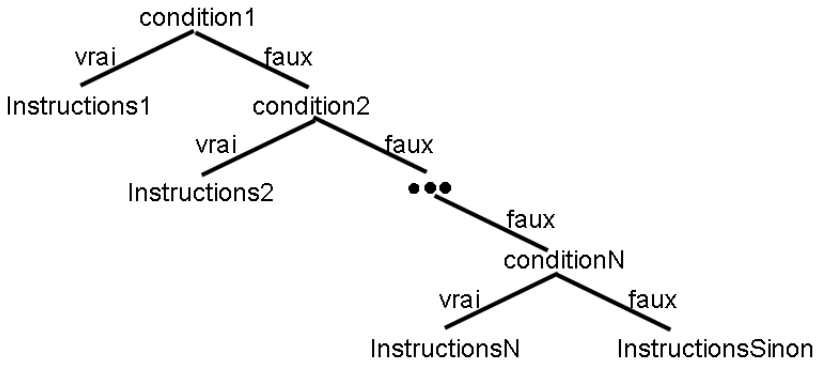
Sélective Si-Alors

```
if (condition)
{
  instructionsAlors;
}
```

5.3 Sélective Si-Sinon-Si

Sélective Si-Sinon-Si

Elle évalue successivement la `conditionI` et exécute les `instructionsI` si elle est vérifiée. En cas d'échec des `n` conditions, exécute les `instructionsSinon`.



Sélective Si-Sinon-Si

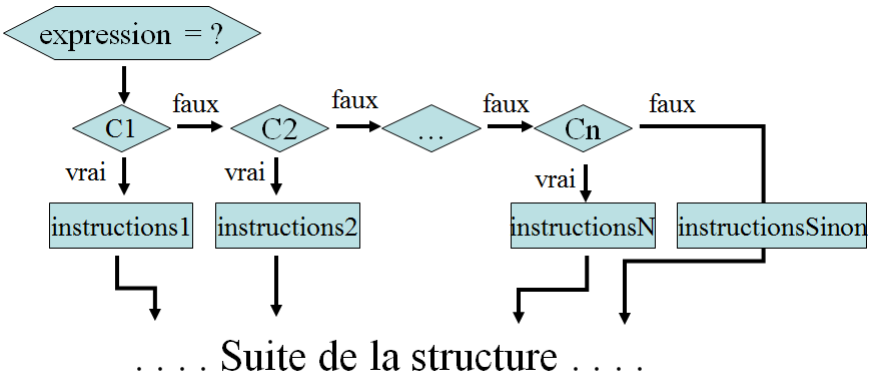
```
if (condition1)
{
  instructionsA1;
}
else if (condition2)
{
  instructionsA2;
}
else if...
...
else if (conditionN)
{
  instructionsAn;
}
else
{
  instructionsSinon;
}
```

5.4 Sélective Selon (listes de valeurs)

Sélective Selon (listes de valeurs)

Elle évalue l'`expression` et n'exécute que les `instructionsI` qui correspondent à la valeur ordinale `Ci` (c.-à-d. de type entier ou caractère). La clause `Cas Autre` est facultative et

permet de traiter tous les cas non traités précédemment. Il s'agit de l'instruction multi-conditionnelle classique des langages.



Sélective Selon (listes de valeurs)

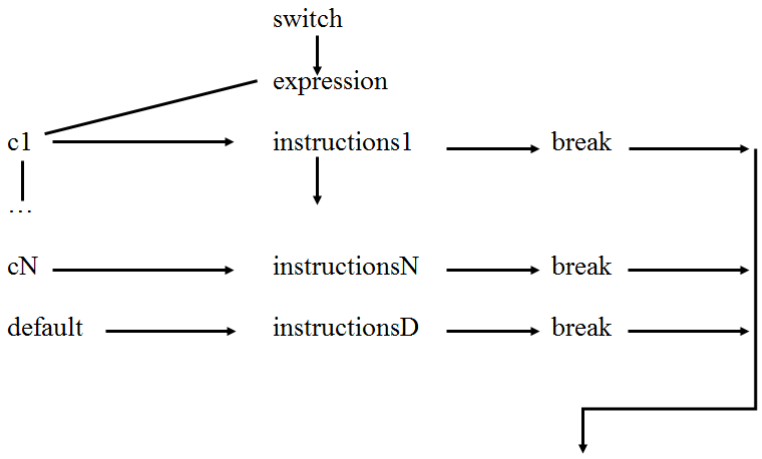
```
switch(expression)
{
  case C1:
    instructions1;
    break;
  ...
  case Cn:
    instructionsN;
    break;
  default:
    instructionsD
}
```

Remarque

Veillez à ne pas faire apparaitre une même valeur dans plusieurs listes.

Java : Rupture

L'achèvement d'un énoncé n'est pas automatique : il faut l'expliciter à l'aide de l'instruction `break`.



Selon v.s. Si

Le `Selon` est moins général que le `Si` :

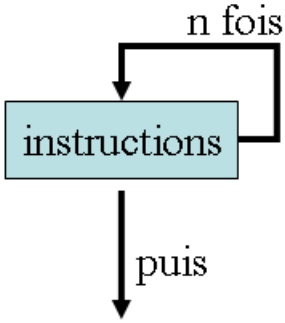
- L'expression doit être une valeur discrète (`Entier` ou `Caractère`).
- Les cas doivent être des *constantes* (pas de variables).

Si ces règles sont vérifiées, le `Selon` est plus efficace qu'une série de `Si` en cascade (car l'expression du `Selon` n'est évaluée qu'une seule fois et non en chacun des `Si`).

6 Structures répétitives

6.1 Répétitive Itérer

Répétitive Itérer
Elle traduit : Exécuter `n` fois les `instructions`, avec `n` un entier positif.
Finitude assurée.

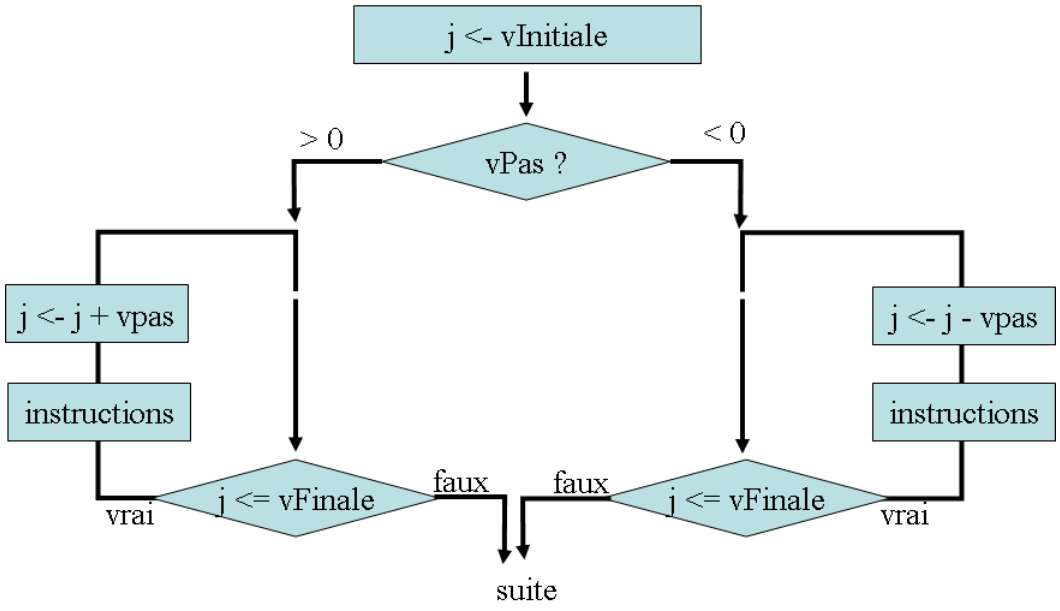


Répétitive Itérer

```java
for (int j = 1; j <= n; ++j)
{
  instructions;
}
```

6.2 Répétitive Pour

Répétitive Pour
Elle traduit : Exécuter les `instructions`, `Pour` une variable de boucle `nomVar` (entière ou réelle) dont le contenu varie de la valeur initiale `valDeb` à la valeur finale `valFin` par pas de `valPas` (par défaut de 1). Finitude assurée.



Terminologie
La variable utilisée dans la boucle `Pour` s'appelle la **variable de boucle**, **variable de contrôle**, **indice d'itération** ou **compteur de boucle**. En général, son nom se réduit simplement à une lettre, par exemple `j`.

Répétitive Pour

```
for (initialisation ; condition ; crementation)
{
  instructions;
}
```

En cas d'initialisations ou de crémentations multiples, séparez-les par des virgules (elles sont évaluées de la gauche vers la droite).

Pas croissant +1 ou décroissant -1

```
for (int j = valDeb ; j <= valFin ; ++j)
{
  instructions;
}

// Attention au sens des inégalités
for (int j = valDeb ; j >= valFin ; --j)
{
  instructions;
}
```

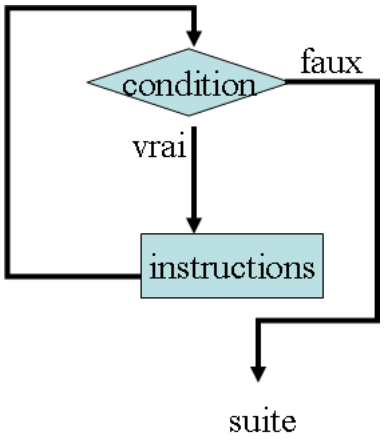
Pas positif ou négatif différent de 1

```
//Pas positif
for (int j = valDeb ; j <= valFin ; j += valPas)
{
  instructions;
}

//Pas négatif
for (int j = valDeb ; j >= valFin ; j -= valPas)
{
  instructions;
}
```

6.3 Répétitive TantQue

Répétitive TantQue (répétition a-priori)
Elle traduit : `TantQue` la `condition` est vraie, exécuter les `instructions`.
Si la `condition` est fausse dès le début, la tâche n'est jamais exécutée.



Boucle infinie

La séquence `instructions` **doit** modifier la condition de telle manière qu'elle puisse devenir **fausse**. Dans le cas contraire, la boucle va tourner sans fin (condition indéfiniment vraie) : c'est ce qu'on appelle une **boucle infinie**.

Répétitive TantQue

```
while (condition)
{
  instructions;
}
```

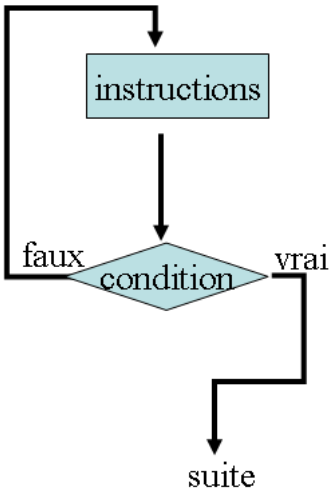
Java

Notez l'absence du mot-clé `Faire` d'où l'obligation des parenthèses autour de la condition.

6.4 Répétitive Répéter

Répétitive Répéter (répétition a-posteriori)

Elle traduit : Exécuter les `instructions` `Jusqu'à` ce que la `condition` est vraie.



Boucle infinie
La séquence `instructions` **doit** modifier la condition de telle manière qu'elle puisse devenir **vraie** pour arrêter l'itération.

Répétitive Répéter

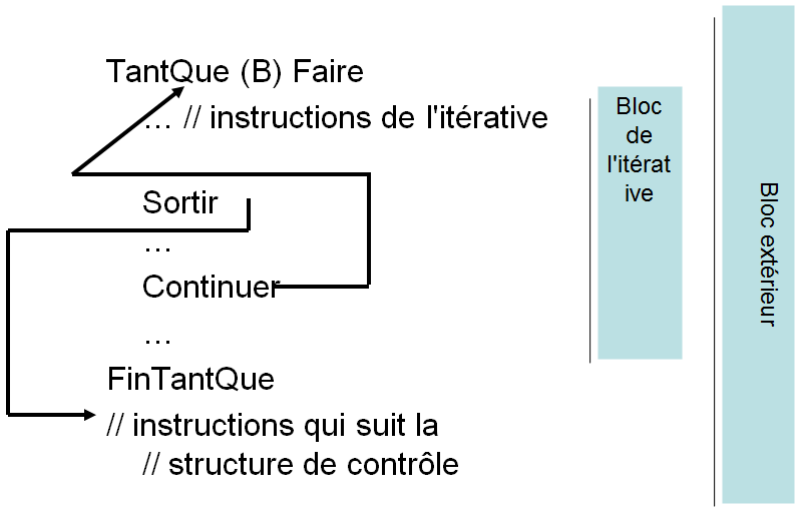
```
do {
  instructions;
} while (!condition); //<- point-virgule
```

Java
Notez que la condition d'arrêt de la répétitive `do-while` est l'inverse de celle de la définition `répéter-jusqu'à`.

6.5 Ruptures de séquence (de bloc)

Ruptures de séquence (de bloc)
On en distingue deux :

- `Sortir` : Interrompt l'exécution de la structure de contrôle en provoquant un saut vers l'instruction qui suit la structure de contrôle.
- `Continuer` : Interrompt l'exécution des instructions du bloc d'une **répétitive** et provoque la ré-évaluation de la condition de continuation afin de déterminer si l'exécution de l'itérative doit être poursuivie (avec une nouvelle itération).



Utilisez-les avec parcinomie
Car elles ne permettent pas de réaliser une preuve formelle d'un algorithme (cf. @[Preuve et Notations asymptotiques]).

Rupture Sortir

```
break;
```

Rupture Continuer

```
continue;
```

7 Fonction

7.1 Profil de fonction

Profil de fonction

Constitué par le nom de la fonction, la liste des types des paramètres d'entrée et le type du résultat.

Profil de fonction

```
static TypeRes nomFcn(T1 param1, ..., Tn paramN)
```

Explication

Définit le **profil** de la fonction d'identifiant `nomFcn` ayant pour paramètres formels les `paramI` de type correspondants `Ti`. Le **type** de la valeur renvoyée est `TypeRes`. La liste est vide si la fonction n'a pas besoin de paramètres.

Remarque

En théorie, le type de la valeur retournée peut être un type simple (entier, réel, booléen...), un type structuré, un tableau ou même un objet (ces types seront vus dans les modules suivants). En pratique il conviendra de s'en tenir aux limitations du langage utilisé.

Remarque

Les paramètres formels deviennent automatiquement des variables locales (cf. plus bas, @[Variable locale]) du module.

7.2 Instruction de retour

Instruction de retour

```
return expression;
```

Explication

Renvoie (retourne) au module appelant le résultat de l'`expression` placée à la suite du mot-clé.

Java : return

L'instruction provoque la terminaison de la fonction.

Dans une fonction

Il doit **toujours** y avoir l'exécution d'une primitive `return`, et ceci quelles que soient les situations (conditions).

En effet, si dans un cas particulier, la fonction s'exécute sans être passée par cette primitive, ceci révèle une incohérence dans la conception de votre fonction car celle-ci aura une valeur inconnue et aléatoire.

7.3 Schéma d'une fonction

Schéma d'une fonction

```
static TypeRes nomFcn(TypeParam1 param1,TypeParam2 param2,...)
{
  TypeRes resultat = valeurInitiale;
  calcul_du_resultat;
  return resultat;
}
```

Explication

Pour des questions de lisibilité et de preuve de programme, il vous est fortement recommandé d'adopter le schéma ci-dessus.

Expression fonctionnelle

```
public static TypeRes nomFcn(TypeParam1 param1,TypeParam2 param2,...)
{
  return expression;
}
```

Explication

Dans le cas d'une expression calculable directement, on peut regrouper le tout : on parle alors d'**expression fonctionnelle**.

7.4 Appel d'une fonction

Appel d'une fonction

```
v = nomFcn( a1, ..., aN )
```

Explication

Appelle (on dit aussi *invoque*) la fonction `nomFcn` avec les (éventuels) arguments `aI`. La valeur retournée peut être utilisée en tant que macro-expression.

Fonction = macro-expression
Une fonction retourne **toujours** une information à l'algorithme appelant. C'est pourquoi l'appel d'une fonction **ne se fait jamais** à gauche du signe d'affectation.

8 Procédure

8.1 Profil de procédure

Profil de procédure

```
public static void nomSsp(parametres)
```

Explication

Définit le **profil** de la procédure de nom `nomSsp` ayant pour paramètres formels les `parametres` lesquels décrivent pour chaque paramètre, son nom, son type et sa caractéristique.

Java : Mot-clé void

Le mot-clé `void` (« vide ») spécifie une fonction **sans valeur de retour**.

8.2 Schéma d'une procédure

Schéma d'une procédure

```
static void nomSsp(D1 d1, ..., R1[] r1, ... M1[] m1, ...)
{
  // Corps de la procédure:
  // sur une donnée D : passage par valeur
  // sur un résultat R ou un modifié M : passage par référence ([])
}
R vr = new R[1]; // déclaration d'une variable Résultat
M vm = new M[1]; // déclaration d'une variable Modifiée
```

Explication

Définit la procédure de nom `nomSsp`.

8.3 Paramètres formels

Paramètres Entrants/Sortants/Mixtes

Les paramètres **entrants** ou *données* :

- Ont une **valeur à l'entrée** du module.
- Et seront **consultés à l'intérieur** du module.

Les paramètres **sortants** ou *résultats* :

- Ont une **valeur indéterminée à l'entrée** du module.
- Et seront **utilisables après l'appel** du module.

Les paramètres **mixtes** ou *modifiés* :

- Ont une **valeur à l'entrée** du module.
- Et seront éventuellement **modifiés à l'intérieur** de celui-ci.

Paramètres formels

```
static void nomSsp(D1 d1, ..., R1[] r1, ... M1[] m1, ...)
static TypeRes nomFcn(D1 d1, ..., R1[] r1, ... M1[] m1, ...)
```

Explication

Les `D` sont des paramètres **d**onnées, les `R` des **r**ésultats et `M` des **m**odifiés.
Si le type est primitif (entiers, réels, booléens, caractères), c'est un passage par valeur, sinon c'est un passage par référence : il n'y a pas le choix. On utilisera la notation tableau pour accéder à la valeur (par ex. `r[0]` accède au contenu de `r`).

8.4 Appel d'une procédure

Appel d'une procédure

```
nomSsp(d1, ..., r1, ..., m1, ...);
```

Explication

Appelle la procédure `nomSsp` avec les (éventuels) arguments figurant entre les parenthèses.

Procédure = macro-instruction

Une procédure étant une macro-instruction, un appel de procédure se fait obligatoirement **en dehors de toute expression de calcul**.

9 Tableaux

9.1 Déclaration et initialisation d'un tableau

Déclaration/Création d'un tableau

```
TypeElement[] nomTab; // Déclaration
nomTab = new TypeElement[taille]; // Création
```

Explication

Déclare une variable dimensionnée. Avec : `TypeElement` le type (simple ou non) des éléments constitutifs du tableau, `nomTab` l'identifiant et `taille` son nombre d'éléments. La taille doit être une valeur entière positive (littéraux ou expressions constantes).

Déclaration et initialisation

```
TypeElement[] nomTab = {val1, ..., valN};
```

Explication

Déclare (voir supra) et initialise un tableau : la longueur de la liste détermine le nombre d'éléments. Les `valI` sont des valeurs littérales ou expressions constantes de type compatible `TypeElement` initialisant séquentiellement chacun des éléments du tableau.

9.2 Accès indiciel

Accès indiciel

```
tab[k]
```

Explication

Accède à la case d'indice `k` d'un tableau `tab`.
Le temps d'accès à l'élément est fixe.

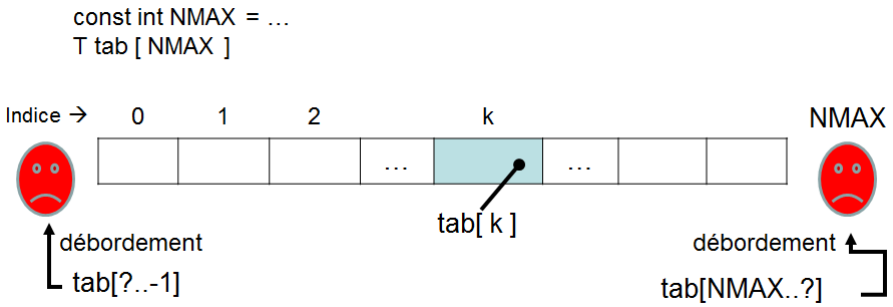
Numérotation des cases

Chaque langage de programmation possède sa propre convention.

- **alg :** Les cases sont numérotées de 1 (par défaut) à `TMAX` (taille du tableau).
- **C/C++, Java, Python :** Ils commencent à indicer un tableau à partir de 0. Ce principe est dit l'**indexation en base 0**.
- **Basic :** Il débute la numérotation à partir de 1 ou 0.
- **Ada :** Il permet de numéroter les cases à partir d'une valeur quelconque.

Dépassement des bornes

Les langages contrôlent le débordement des bornes d'un tableau et déclenchent une erreur qui généralement arrête le programme.



9.3 Déclaration et initialisation d'un k-tableau

Déclaration/Création d'un k-tableau

```
T[]...[] nomTab = new T[taille1][taille2][...][tailleK];
```

Explication

Déclare un tableau k-dimensionnel de nom `nomTab` d'éléments de type `T`. Les `tailleI` sont des valeurs entières positives (littérales ou expressions constantes).

Cas particulier d'un tableau bidimensionnel

```
T[][] nomTab = new T[taille1][taille2];
```

Déclaration et initialisation

```
T nomTab[ ]...[ ] = {{{v111, ..., v11k}, ...}; // dim implicite
```

Explication

Déclare et initialise un tableau k-dimensionnel : la dimension de la composante est la longueur de la liste.

9.4 Accès indiciel

Accès indiciel

```
tab[k1][k2][...]
```

Explication

Accède à la case indice `(k1, k2, ...)` d'un tableau multidimensionnel `tab`. Il faut spécifier autant d'indices qu'il y a de dimensions dans le tableau.

Crochet de crochets
Un tableau k-dimensionnel est vu comme un tableau à une dimension dont chacun des éléments est lui-même un tableau à $(k-1)$-dimension.

Rappel
Les indices sont relatifs à 0.

10 Types complexes

10.1 Définition d'un type structuré

Structure, Champ

Une **structure** permet de regrouper une ou plusieurs variables, de n'importe quel type (structure de données **hétérogène**), dans une entité unique et de la manipuler comme un tout. Chaque élément, appelé **champ** de la structure, possède un nom unique.

Définition d'un type structuré

```
class TypeStruct
{
  public Type1 nomChamp1;
  public Type2 nomChamp2;
  ...
}
```

Explication

Crée un nouveau type nommé `TypeStruct` à partir d'autres types élémentaires ou composés déjà définis `TypeI` et d'identifiants respectifs `nomChampI`.

10.2 Déclaration et initialisation d'une variable structurée

Propriété

La déclaration de variables d'un type structuré défini est identique à celle des variables simples.

Déclaration/Création d'une variable structurée

```
TypeStruct nomVar; // Déclaration
nomVar = new TypeStruct(); // Création
```

Explication

Déclare une variable structurée `nomVar` de type `TypeStruct` (qui doit être défini).

10.3 Accès aux champs d'une structure

Accès aux champs d'une structure

```
nomVar.nomChamp
```

Explication

Accède au champ `nomChamp` d'une variable structurée `nomVar` (notation « pointée »).

11 Fichiers

11.1 Déclaration de fichier

Déclaration de fichier

cette instruction n'existe pas.

11.2 Ouverture d'un canal d'entrée/sortie

Déclaration et Ouverture d'un canal

```java
import java.util.Scanner;
import java.io.FileReader;
import java.io.FileWriter;
Scanner f = new Scanner(new FileReader(nomFich)); // fichier en lecture (Input)
FileWriter f = new FileWriter(nomFich); // fichier en écriture (Ouput)
```

Explication

Associe un canal d'entrées/sorties à un fichier structuré de type élémentaire. La variable `f` sera utilisée pour toutes les opérations sur ce fichier jusqu'à sa fermeture. Le `nomFich` est une chaîne de caractères contenant le nom du fichier à ouvrir avec éventuellement le chemin d'accès à savoir le nom du disque et le chemin relatif ou absolu permettant d'atteindre le fichier. A défaut, le fichier doit être dans le dossier courant (habituellement le dossier où est sauvegardé le projet en exécution).

Erreur à l'ouverture

Le système peut être dans l'impossibilité d'ouvrir le fichier spécifié pour une ou l'autre des raisons suivantes :

- Tentative d'ouvrir un fichier inexistant en mode lecture.
- Tentative d'ouvrir un fichier qui est déjà ouvert.
- Tentative d'ouvrir un fichier sur un canal d'entrées/sorties invalide.
- Le nom du fichier est invalide : ceci peut être dû au dossier inexistant, au nom du fichier contenant des caractères interdits par le système d'exploitation ou à l'unité de stockage défectueuse ou non disponible.

Dans ce cas le système provoque l'interruption du programme et affiche un message d'erreur précisant la cause de l'erreur.

Fichier en mode écriture

L'ouverture efface automatiquement son contenu s'il existe déjà.

11.3 Fermeture d'un canal d'entrées/sorties

Fermeture d'un canal

```java
f.close();
```

Explication
Ferme le canal d'entrées/sorties `f` précédemment ouvert et purge toutes les mémoires tampon. Dans le cas où le fichier a été ouvert en écriture, cette primitive place la marque spéciale de fin de fichier dans l'élément courant. Une fois le fichier fermé, il n'est plus permis de l'utiliser.

Remarque
Un fichier créé et non refermé risque de contenir des données aléatoires et invalides.

11.4 Lecture depuis un canal d'entrée

Lecture depuis un canal d'entrée

```
nomVarI = f.nextXXX();
```

Explication
Lit dans le fichier référencé par la variable `f`, ouvert en lecture, une valeur de type XXX (nom du type élémentaire `Int`, `Double`, etc.) qui sera affectée à la variable `nomVarI`. L'opération émet l'exception `EOFException` lorsque la fin de fichier est atteinte.

Remarque
Le canal d'entrées/sorties doit obligatoirement être associé à un fichier ouvert en mode `Lecture`. Toute tentative de lecture visant un canal d'entrées/sorties associé à un fichier ouvert en mode `Ecriture` ou `Ajout` cause l'arrêt d'exécution de l'algorithme.

11.5 Écriture sur un canal de sortie

Écriture sur un canal de sortie

```
f.writeXXX(expr); ===== A FINIR=============
```

Explication
Écrit dans le fichier référencé par la variable `f`, ouvert en écriture, une valeur de type XXX (nom du type élémentaire `Int`, `Double`, etc.).

Remarque
Le canal d'entrées/sorties doit obligatoirement être associé à un document ouvert en mode `Ecriture` ou `Ajout`. Toute tentative d'écriture visant un canal d'entrées/sorties associé à un document ouvert en mode `Lecture` provoque l'arrêt d'exécution de l'algorithme.

11.6 Détection de fin de contenu

Détection de fin de contenu

```
try{
 ...opérations de lecture sur le fichier
}
catch (EOFException e)
{
 ...opérations à réaliser si FinDeFichier
 return;
}
```

Explication

Le langage utilise le mécanisme d'exception pour traiter la fin de fichier : il n'y a pas de méthode particulière.

Attention

La primitive n'est applicable qu'aux canaux associés en mode `Lecture`. Toute invocation de la primitive sur un canal associé à un document ouvert en mode `Ecriture` ou `Ajout` cause l'arrêt d'exécution de l'algorithme.

12 Opérateurs

12.1 Opérateurs arithmétiques

Opérateurs arithmétiques

Dits aussi **opérateurs algébriques**, ils agissent sur des opérandes de type numérique.

Opérateurs arithmétiques

Opérateur Mathématique	Signification	Équivalent Java
+	(unaire) valeur	`+a`
-	(unaire) opposé	`-a`
+	addition	`a + b`
-	soustraction	`a - b`
*	multiplication	`a * b`
/	division décimale	`a / b`
div	division entière	`a / b`
mod	modulo (reste de la division entière)	`a % b`

Java : Élévation à la puissance

Il est nécessaire de faire appel :

- Soit à des produits successifs pour des puissances entières pas trop grandes (par exemple, on calculera x^3 comme `x*x*x`).
- Soit à la fonction `Math.pow` de la bibliothèque standard.

Java : Que vaut a / b ?

La division s'effectue sur :

- $\mathbb{N}$: si a **et** b sont entiers (division entière)
- $\mathbb{R}$: si a **ou** b sont réels (division réelle)

Division euclidienne, cas des négatifs

Il n'y a pas unicité du quotient et du reste lorsque le dividende ou le diviseur sont négatifs. Si a et b sont deux entiers relatifs dont l'un au moins est négatif, il y a plusieurs couples (q, r) tels que $a = b \times q + r$ avec $|r| < |b|$. Par exemple, si $a = -17$ et $b = 5$ alors $(q = -3, r = -2)$ ou $(q = -4, r = 3)$ sont deux solutions possibles. Habituellement, q et r sont choisis comme le quotient et le reste de la division entière de $|a|$ et $|b|$ affectés du signe approprié (celui permettant de vérifier $a = b \times q + r$ avec $|r| < |b|$). Dans l'exemple ci-avant, la solution retenue serait $(q = -3, r = -2)$. Par contre, la norme impose que la valeur de $(a \text{ div } b) * b + a \bmod b$ soit égale à la valeur de a.

Pas d'overflow sur les entiers

Si le résultat d'une opération dépasse la capacité d'un entier, le résultat est un entier négatif ou inférieur : il n'y a pas d'erreur de **dépassement de capacité**.

Division par zéro
Tout emploi de la division devra être accompagné d'une réflexion sur la valeur du dénominateur, une division par 0 entraînant toujours l'arrêt d'un programme.

12.2 Opérateurs de comparaison

Opérateurs de comparaison
Dits aussi **opérateurs relationnels** ou **comparateurs**, ils agissent généralement sur des variables numériques ou des chaînes et donnent un résultat booléen. Pour les caractères et chaînes, c'est l'ordre alphabétique qui détermine le résultat.

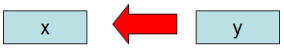
Opérateurs de comparaison

Opérateur Mathématique	Signification	Équivalent Algorithmique	Équivalent Java
$<$	(strictement) inférieur	`a < b`	`a < b`
$\leq$	inférieur ou égal	`a <= b`	`a <= b`
$>$	(strictement) supérieur	`a > b`	`a > b`
$\geq$	supérieur ou égal	`a >= b`	`a >= b`
$=$	égalité	`a = b`	`a == b`
$\neq$	différent de (ou inégalité)	`a <> b`	`a != b`

Distinguer == et =

x == y
⇒ Test d'égalité

x = y
⇒ Affectation



A gauche Compare la valeur de x à celle de y et rend true si elles sont égales, false sinon (et donc **ne modifie pas** la valeur de x)

A droite Affecte à la variable x la valeur de y (et donc **modifie** la valeur de x)

12.3 Opérateurs logiques

Opérateurs logiques
Dits aussi **connecteurs logiques** ou **opérateurs booléens**, ils agissent sur des expressions booléennes (variables ou expressions à valeurs booléennes) pour donner un résultat du même type. Ils peuvent être enchaînés.

Opérateurs logiques

Opérateur Mathématique	Signification	Équivalent Algorithmique	Équivalent Java
¬	négation (unaire)	`Non a`	`!a`
∧	conjonction logique	`a Et b`	`a && b`
∨	disjonction logique (ou inclusif)	`a Ou b`	`a || b`

Opérateur Ou-exclusif

Il n'y a pas d'opérateur OU-exclusif (`xor`) logique.

12.4 Opérateur Si-expression

Opérateur Si-expression

```
exprBool ? exprAlors : exprSinon
```

Explication

Évalue l'expression logique `exprBool` et si elle est vérifiée, effectue l'expression `exprAlors`, sinon l'expression `exprSinon`. Les `exprAlors` et `exprSinon` doivent être du même type.

Remarque

Cette syntaxe très raccourcie doit être réservée à de petits tests.

12.5 Priorité des opérateurs

Java : Priorité des opérateurs

Les opérateurs de même priorité sont regroupés sur une même ligne.

Priorité	Opérateur Algorithmique	Opérateur Java	Signification
La plus élevée	`-` (unaire)	`-` (unaire)	Négation algébrique
	`^`	(aucun)	Puissance
	`* / div mod`	`* / / %`	Multiplication, division, div. entière, modulo
	`+ -`	`+ -`	Addition et soustraction
	`< <= > >=`	`< <= > >=`	Opérateurs de comparaison
	`= <>`	`== !=`	Opérateurs d'égalité
	`Non`	`!`	Négation logique
	`Et`	`&&`	Et logique
La plus basse	`Ou`	`||`	Ou logique

Cas de combinaisons de Et et de Ou

Mettez des parenthèses :

```
(cond1 Et cond2) Ou cond3
```

est différent de

```
cond1 Et (cond2 Ou cond3)
```

En l'absence de parenthèses, le `Et` est prioritaire sur le `Ou`.

13 Fonctions prédéfinies

13.1 Fonctions mathématiques

Fonctions mathématiques
Elles agissent sur des paramètres à valeurs réelles et donnent un résultat réel.

Importation implicite

```
import java.lang.Math;
```

Quelques Fonctions mathématiques

Fonctions Mathématiques	Signification	Équivalent Java
$\text{acos}(x)$	Cosinus inverse (radians)	`Math.acos(x)`
$\text{asin}(x)$	Sinus inverse (radians)	`Math.asin(x)`
$\text{atan}(x)$	Tangente inverse (radians)	`Math.atan(x)`
$\lceil x \rceil$	Réel de l'entier supérieur	`Math.ceil(x)`
$\cos(x)$	Cosinus de x (radians)	`Math.cos(x)`
e^x	Exponentielle de x (base e)	`Math.exp(x)`
$\lvert x \rvert$	Valeur Absolue de x	`Math.abs(x)`
$\lfloor x \rfloor$	Réel de l'entier inférieur	`Math.floor(x)`
$\log(x)$	Logarithme naturel (base e)	`Math.log(x)`
x^y	Puissance	`Math.pow(x,y)`
$\sin(x)$	Sinus de x (radians)	`Math.sin(x)`
$\sqrt{x}$	Racine carrée	`Math.sqrt(x)`
$\tan(x)$	Tangente de x (radians)	`Math.tan(x)`

Racine carrée
Attention de ne l'utiliser qu'avec un radicant positif.

13.2 Fonctions caractère

Fonctions caractère

13.3 Opérations de chaînes

Longueur d'une chaîne
Nombre de caractères dans la chaîne.

Concaténation de deux chaînes
Consiste à prendre ces deux chaînes et à les coller bout-à-bout.

Sous-chaîne d'une chaîne

Suite consécutive de caractères de la chaîne : c'est une partie (un morceau) de cette chaîne.

Comparer deux chaînes

C'est déterminer laquelle des deux précède l'autre pour l'ordre alphabétique des dictionnaires (encore appelé **ordre lexicographique**) où la chaîne vide `""` est avant toutes les autres et où il faut tenir compte des lettres minuscules et majuscules ainsi que des caractères spéciaux. La comparaison de deux chaînes s'effectue **caractère par caractère de gauche à droite** jusqu'à rencontrer la fin d'une des deux chaînes ou une différence. La chaîne de caractères qui **précède** l'autre est celle qui, la première, a un caractère qui **précède** le caractère correspondant de l'autre chaîne. En cas d'égalité permanente, la chaîne la plus courte **précède** la chaîne la plus longue.

Opérations de chaînes

```
chn1 + chn2 //concaténation de chaînes
```

Quelques méthodes

```
chn.length() //longueur de la chaine
chn.charAt(p) //caractère de position p (p/r à 0)
chn.substring(p1,p2) //sous-chaine des positions p1..p2
chn.indexOf(cible[,p]) //première position de cible à partir de p; -1 si échec
chn.isEmpty() //prédicat de chaîne vide
```

Remarque

L'« addition » de chaînes n'est pas une opération commutative car la chaîne `x + y` n'est pas identique à la chaîne `y + x`.

Attention

Les positions dans les chaînes commencent à 0. Pour utiliser les opérations, vous devez les accoler avec un point au nom de la variable de type `String` que vous utilisez.