Université de Liège

INFO0946

Introduction à la Programmation

# GameCode : Un exercice dont vous êtes le Héros · l'Héroïne

## Evaluation d'Expressions

Benoit Donnet Simon Liénardy Géraldine Brieven
Tasnim Safadi Lev Malcev

1er septembre 2021

# Préambule

## Exercices

Dans ce GameCode, nous vous proposons de suivre pas à pas la résolution d'un exercice sur l'évaluation des expressions.

### Il est dangereux d'y aller seul [1] !

Partagez vos commentaires, questions, solutions alternatives sur le forum eCampus. N'hésitez jamais !

1. Référence vidéoludique bien connue des Héros.

## 1.1 Rappel Général sur les Expressions

Si vous avez déjà lu ce rappel ou si vous êtes suffisamment à l'aise avec les expressions et leurs évaluations, vous pouvez directement atteindre l'énoncé de l'exercice.

### 1.1.1 Expression

Une *expression* (cfr. Chapitre 1, Slide 17) est la description du calcul d'une valeur, le résultat du calcul ayant un certain type.
Plus précisement, une expression est :

1. une constante (ou valeur littérale – e.g., 'a'). L'évaluation retourne le littéral lui-même ;
2. une variable, dénotée par son identificateur (e.g., `x`). Dans ce cas, l'évaluation retourne la valeur courante de la variable ;
3. obtenue par l'application d'opérateurs à d'autres expressions.

### 1.1.2 Opérateurs

La définition générale d'une expression (voir point 3 de la définition d'une expression) indique qu'on peut appliquer un ou plusieurs opérateur(s) afin de composer une expression plus complexe.

Un *opérateur* permet d'évaluer une expression bien définie sur des valeurs (*opérandes*) en produisant un résultat (*valeur* de l'expression).

La forme générale d'une expression avec un opérateur est la suivante :

$$x \ \alpha \ x$$

où $x$ est l'opérande et $\alpha$ l'opérateur.

Un opérateur peut être :

- *unaire*. Il requiert une seule opérande. Exemple : $-5$.
- *binaire*. Il requiert deux opérandes. Exemple : $4 + x$.
- *ternaire*. Il requiert trois opérandes. Ce type d'opérateur ne sera pas abordé dans le cadre du cours.

Le tableau 1 donne une liste des opérateurs "simples" en C.

**Alerte : Le contexte est ultra important**

Attention, la signification exacte d'un opérateur peut dépendre du contexte dans lequel il est utilisé. Par exemple : `5/2` correspond à la division entière et donne pour résultat 2. Par contre, `5/2.0` correspond à la division réelle et donne pour résultat 2.5. Pour la division, c'est donc le type des opérandes qui détermine la signification exacte de l'opération.
Il en va de même pour l'opérateur `*`. La liste des opérateurs montre que l'opérateur `*` a deux signification : la multiplication et le déréférencement. A nouveau, c'est le contexte dans lequel l'opérateur va être utilisé qui déterminera sa sémantique. Ainsi, par exemple, `3 * x` correspond clairement à une multiplication car on se trouve dans le cas d'un opérateur binaire. L'expression `*x` correspondra au déréférencement de `x` (opérateur unaire) à la condition, bien entendu, que le type de `x` soit pointeur.

| **Opérateur** | Signification | Type |
|---|---|---|
| Opérateurs *Arithmétiques* | | |
| `+` | addition | binaire |
| `-` | soustraction | |
| `*` | multiplication | |
| `/` | division | |
| `%` | modulo | |
| `-` | changement de signe | unaire |
| Opérateurs de *Comparaison* | | |
| `<` | plus petit que | binaire |
| `<=` | plus petit ou égal | |
| `>` | plus grand que | |
| `>=` | plus grand ou égal | |
| `==` | égal | |
| `!=` | différent | |
| Opérateurs *Booléens* | | |
| `&&` | et "lazy" | binaire |
| `\|\|` | ou "lazy" | |
| `!` | négation | unaire |
| Opérateurs sur les *Pointeurs* | | |
| `*` | Déréférencement | unaire |
| `&` | Référencement | |

TABLE 1 – Liste (non exhaustive) des opérateurs usuels en C.

## 1.2 Enoncé

Si `int n=10`, `int p=5`, `int q=10` et `int r=2`, complétez le tableau ci-dessous. Donnez les valeurs stockées dans les variables **après** l'évaluation de l'expression (les valeurs des variables sont conservées d'une expression à l'autre) :

| Expressions | `n` | `p` | `q` | `r` |
|---|---|---|---|---|
| Initialisation | 10 | 5 | 10 | 2 |
| `r = n == (p = q)` | | | | |
| `n += p += q` | | | | |
| `n = p = q = 5` | | | | |
| `q = (n < p) * n++ - p` | | | | |

### 1.2.1 Méthode de Résolution

Pour résoudre ce problème, nous allons procéder expression par expression, en commençant par la première. Il faut être très prudent car les valeurs sont conservées d'une expression à l'autre. Dès lors, une erreur dans l'évaluation d'une expression entrainera, forcément, des erreurs en cascade dans les expressions suivantes. Voici le programme que nous allons suivre :

1. Expression `r = n == (p = q)` (Sec. 1.3) ;
2. Expression `n += p += q` (Sec. 1.4) ;
3. Expression `n = p = q = 5` (Sec. 1.5) ;
4. Expression `q = (n < p) * n++ - p` (Sec. 1.6) ;
5. Le résultat final (Sec. 1.7).

## 1.3 Expression `r = n == (p = q)`

Avant d'entamer la résolution de l'exercice, il est impératif que vous vous sentiez à l'aise avec la notion d'expression. Si ce n'est pas le cas, jetez un oeil au rappel.


Si vous voyez directement comment procéder, voyez la suite 1.3.4
Si vous êtes un peu perdu, voyez le rappel sur la priorité des opérateurs 1.3.1
Si l'opérateur = vous semble obscur, voyez le rappel sur l'affectation 1.3.2
Si vous avez besoin d'un indice, rendez-vous 1.3.3

### 1.3.1 Rappels sur la Priorité des Opérateurs

La *priorité des opérateurs* précise l'ordre dans lequel les calculs doivent être effectués dans une expression complexe. Le Tableau 2 donne la priorité des opérateurs en C.

| Priorité | Opérateurs | Sens d'Evaluation |
|---|---|---|
| ++++ | `( )`, `[ ]`, `. ->` | → |
| | `!`, `--`, `++`, `-`, `*`, `&` | ← |
| | `*`, `/`, `%` | → |
| | `+`, `-` | → |
| | `«`, `»` | → |
| | `<`, `<=`, `>`, `>=` | → |
| | `==`, `!=` | → |
| | `&` | → |
| | `^` | → |
| | `\|` | → |
| | `&&`, `\|\|` | → |
| - - - - | `=`, `+=`, `-=`, ... | ← |

TABLE 2 – Priorité des Opérateurs.

La deuxième ligne du tableau représente des opérateurs unaires. Dès lors, `*` est l'opérateur de déréférencement et `&` celui de référencement.

De manière générale, l'évaluation d'une expression se fait de la gauche vers la droite [2]. Cependant, dans certains cas (opérateurs unaires et opérateurs d'affectations), l'évaluation se fait de la droite (i.e., on évalue d'abord la *valeur à droite*) vers la gauche (on place le résultat dans la *valeur à gauche*).

#### Suite de l'Exercice

Vous pouvez maintenant passer à la suite de l'exercice :

- Évaluation de l'expression 1 (`r = n == (p = q)`);
- Évaluation de l'expression 2 (`n += p += q`);
- Évaluation de l'expression 3 (`n = p = q = 5`);
- Évaluation de l'expression 4 (`q = (n < p) * n++ - p`).

Si l'opérateur `=` vous semble obscur, passez à la Sec. 1.3.2 pour un rappel.

Si vous avez besoin

- d'un indice pour l'expression 1 (`r = n == (p = q)`);
- d'un indice pour l'expression 2 (`n += p += q`);
- d'un indice pour l'expression 3 (`n = p = q = 5`);
- d'un indice pour l'expression 4 (`q = (n < p) * n++ - p`).

2. Puisque nous lisons de gauche à droite...

### 1.3.2 Rappels sur l'Opérateur d'Affectation

L'opérateur d'*affectation* (=) est probablement l'opérateur le plus important car il permet la sauvegarde des informations en mémoire (i.e., dans une variable). Il se présente de la façon suivante :

```
1  var = expr
```

L'opérateur d'affectation permet de stocker le résultat de l'expression `expr` (appelée aussi *valeur à droite*) dans la variable `var` (appelée aussi *valeur à gauche*). Il est évident que le type du résultat de l'évaluation de la valeur à droite doit être cohérent avec le type de la valeur à gauche. On ne stocke pas des poires dans des abricots !

La priorité des opérateurs indique bien que l'évaluation de l'expression se fait de droite (la valeur à droite) à gauche (la valeur à gauche). Dès lors, après l'affectation, l'expression entière devient égale à la valeur affectée. Le fonctionnement général de l'affectation est illustré à la Fig. 1.

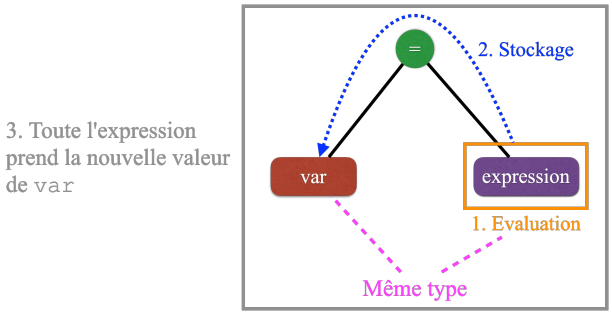



FIGURE 1 – Illustration du fonctionnement général de l'affectation.

**Alerte : Risque de confusion**

Il est très fréquent que les étudiants confonde l'opérateur d'*affection* (=) et l'opérateur d'*égalité* (==). Le premier permet de stocker le résultat d'une expression dans une variable (et l'expression complète est évaluée à la valeur stockée), tandis que le deuxième permet de tester l'égalité entre deux expressions (le résultat de l'expression est alors booléen, i.e., soit *vrai*, soit *faux*).
La confusion entre les deux opérateurs peut amener à des situations problématiques, en particulier dans le cadre des structures de contrôle (cfr. Chap. 2).

Une expression classique qui utilise l'opérateur d'affectation est l'incrémentation (ou la décrémentation) d'une variable.[3] Par exemple :

```
1  x = x + 2
```

Dans ce cas, l'expression va stocker dans la variable `x` l'ancienne valeur de `x` augmentée de 2.

Le langage C fournit un raccourci (on parle de *sucre syntaxique*[4]) pour ce genre d'expression qui permet de combiner en un seul opérateur l'affectation et l'opération arithmétique (i.e., incrémentation ou décrémentation).

3. *Incrémenter* signifie *augmenter* une valeur. A l'inverse, *décrémenter* signifie diminuer une valeur.
4. Le sucre syntaxique est une extension de la syntaxe d'un langage de programmation afin de le rendre plus agréable à lire et à écrire, sans changer son expressivité.

Le sucre syntaxique pour l'incrémentation/décrémentation se présente de la façon suivante :

```
var α= expr
```

où $\alpha \in \{+, -, *, /, \%\}$.
Ce raccourci est équivalent à

```
var = var α expr
```

L'évaluation de l'expression se fait comme pour une affectation normale.
Attention, l'utilisation du sucre syntaxique ajoute, implicitement, des parenthèses autour de `expr`. Il faut donc comprendre l'expression comme suit :

```
var = var α (expr)
```

Par exemple :

```
x += 2
```

est équivalent à

```
x = x + 2
```

### Suite de l'Exercice

Vous pouvez maintenant passer à la suite de l'exercice :

- Évaluation de l'expression 1 (`r = n == (p = q)`) ;
- Évaluation de l'expression 2 (`n += p += q`) ;
- Évaluation de l'expression 3 (`n = p = q = 5`) ;
- Évaluation de l'expression 4 (`q = (n < p) * n++ - p`).

Si vous avez besoin

- d'un indice pour l'expression 1 (`r = n == (p = q)`) ;
- d'un indice pour l'expression 2 (`n += p += q`) ;
- d'un indice pour l'expression 3 (`n = p = q = 5`) ;
- d'un indice pour l'expression 4 (`q = (n < p) * n++ - p`).

### 1.3.3 Indice

Dans l'expression `r = n == (p = q)`, essayez d'identifier l'opérateur ayant la priorité la plus faible. Ensuite, construisez un arbre (comme dans les slides du cours théorique) avec cet opérateur le plus faible comme racine.

Evaluez ensuite l'expression pas à pas, de la partie la plus prioritaire (le bas de l'arbre) vers la moins prioritaire (le haut de l'arbre).

**Suite de l'Exercice**
À vous ! Evaluez l'expression 1.

### 1.3.4 Mise en Commun de l'Evaluation de l'Expression

L'expression à évaluer est la suivante : `r = n == (p = q)`. Avant l'évaluation de cette expression, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

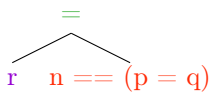
| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 2 |

TABLE 3 – Valeurs initiales des variables, avant évaluation de l'expression `r = n == (p = q)`.

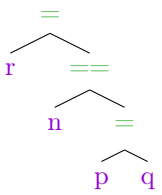
Pour commencer, identifions les différents opérateurs de l'expression et évaluons-la par ordre de priorité. Dans cette expression on retrouve les opérateurs suivants : `=` (affectation), `==` (égalité) et `()` (parenthèses). L'affectation est l'opération la moins prioritaire et prend la forme générale suivante :

```
1 var = expr
```

Si on adapte cette forme générale à notre expression, `var` correspond à `r` (valeur à gauche) et `expr` correspond à `n == (p = q)` (valeur à droite). Graphiquement, cela donne :

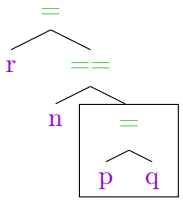



Quoiqu'il arrive, il faudra d'abord évaluer la valeur à droite (cfr. le rappel sur l'affectation). Celle-ci est constituée d'un `==` (égalité) et de `()` (parenthèses). C'est donc une expression booléenne à deux opérandes : `n` et `(p = q)` (les parenthèses forcent le fait que `p = q` est la deuxième opérande). Graphiquement, on peut donc compléter la Figure ci-dessus. Cela donne :




A partir d'ici, on peut commencer à évaluer l'expression en partant du bas de l'arbre et en repectant l'ordre de priorité pour les éléments de même niveau :

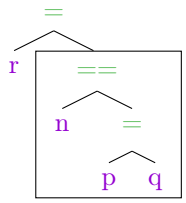
1. `(p = q)` affecte la valeur de `q` dans `p`. La valeur de cette (sous-)expression est la nouvelle valeur de `p` `(10)`.




Nouvelles valeurs :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 2 |

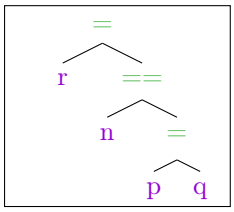
2. `n == 10` effectue un test d'égalité entre l'expression à gauche et l'expression à droite. La valeur de `n` étant `10`, le résultat du test d'égalité est `vrai(1)`. `1` est donc la valeur de l'expression, ce qui correspond aussi à la valeur de la valeur à droite de l'affectation.




Nouvelles valeurs :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 2 |

3. `r = 1` affecte la valeur `1` dans `r`.




Nouvelles valeurs :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 1 |

Finalement, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 1 |

TABLE 4 – Valeurs finales des variables, après évaluation de l'expression `r = n == (p = q)`.

### Suite de l'Exercice

Il faut maintenant passer à l'expression `n += p += q`. Voir la Sec. 1.4.

## 1.4 Expression `n += p += q`

Si vous voyez directement comment procéder, voyez la suite 1.4.2
Si vous êtes un peu perdu, voyez le rappel sur la priorité des opérateurs 1.3.1
Si l'opérateur = vous semble obscur, voyez le rappel sur l'opérateur d'affectation 1.3.2
Si vous avez besoin d'un indice, rendez-vous 1.4.1

### 1.4.1 Indice

Essayez de commencer par réécrire l'expression `n += p += q` en enlevant le sucre syntaxique. Une fois l'expression complète révélée, pensez à identifier l'opérateur de moindre priorité et construisez un arbre (comme dans les slides du cours théorique) avec cet opérateur comme racine.

Evaluez ensuite l'expression pas à pas, de la partie la plus prioritaire (le bas de l'arbre) vers la moins prioritaire (le haut de l'arbre).

#### Suite de l'Exercice

À vous ! Evaluez l'expression 2.

### 1.4.2 Mise en Commun de l'Evaluation de l'Expression

L'expression à évaluer est la suivante : `n += p += q`. Avant l'évaluation de cette expression, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 1 |

TABLE 5 – Valeurs initiales des variables, avant évaluation de l'expression `n += p += q`.

L'expression n'est composée que d'un seul opérateur : `+=`. Cet opérateur est un sucre syntaxique qui combine l'affectation et une opération mathématique. Sa forme générale est la suivante :

```
var += expr
```

ce qui est équivalent à

```
var = var + expr
```

Le moyen le plus simple d'évaluer l'expression `n += p += q` est de "déplier" chacune des sous-expressions en réexprimant, dans sa forme complète, chaque sucre syntaxique. Il faut absolument commencer par l'expression la plus à droite car ce sucre syntaxique est une combinaison entre l'affectation et une opération arithmétique. Or, l'affectation s'évalue de droite à gauche.

Nous commençons donc par `p += q`. Dans cette expression `var` correspond à `p` et `expr` à `q`. Cela donne :

```
p = p + q
```

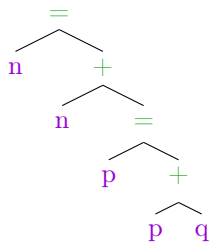
L'expression complète devient donc

```
n += p = p + q
```

Il reste à réécrire le dernier sucre syntaxique. Dans ce cas, `var` correspond à `n` et `expr` à `p = p + q`. Ici, pour faciliter la lecture et la compréhension, on va réécrire l'expression en ajoutant les parenthèses implicites. Soit

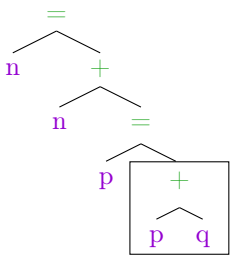
```
n = n + (p = p + q)
```

L'avantage d'écrire explicitement les parenthèses clarifie la priorité d'évaluation et simplifie l'écriture de la représentation graphique de l'expression. Cela donne donc




A partir d'ici, on peut commencer à évaluer l'expression en partant du bas de l'arbre et en repectant l'ordre de priorité pour les éléments de même niveau :

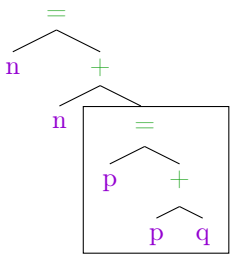
1. `p+q` somme les valeurs de `p` et `q`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 10 |
| q | 10 |
| r | 1 |

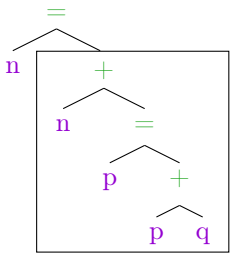
2. `p=20` affecte le résultat obtenu précédemment (`20`) dans `p`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 20 |
| q | 10 |
| r | 1 |

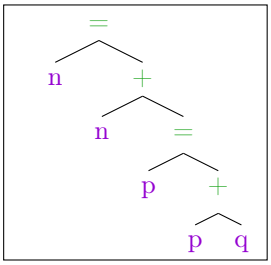
3. `n + p` somme les valeurs de `n` et `p`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 10 |
| p | 20 |
| q | 10 |
| r | 1 |

4. `n = 30` affecte le résultat obtenu précédemment (`30`) dans `n`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 30 |
| p | 20 |
| q | 10 |
| r | 1 |

Finalement, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

**Suite de l'Exercice**

Il faut maintenant passer à l'expression `n = p = q = 5`. Voir la Sec. 1.5.

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 30 |
| p | 20 |
| q | 10 |
| r | 1 |

TABLE 6 – Valeurs finales des variables, après évaluation de l'expression `n += p += q`.

## 1.5 Expression `n = p = q = 5`

Si vous voyez directement comment procéder, voyez la suite 1.5.2
Si vous êtes un peu perdu, voyez le rappel sur la priorité des opérateurs 1.3.1
Si l'opérateur = vous semble obscur, voyez le rappel sur l'opérateur d'affectation 1.3.2
Si vous avez besoin d'un indice, rendez-vous 1.5.1

### 1.5.1 Indice

Pensez au sens de lecture/évaluation d'une expression basée sur l'affectation.

#### Suite de l'Exercice

À vous ! Evaluez l'expression 3.

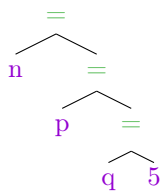
### 1.5.2 Mise en Commun de l'Evaluation de l'Expression

L'expression à évaluer est la suivante : `n = p = q = 5`. Avant l'évaluation de cette expression, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 30 |
| p | 20 |
| q | 10 |
| r | 1 |

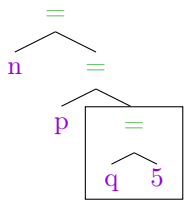
TABLE 7 – Valeurs initiales des variables, avant évaluation de l'expression `n = p = q = 5`.

Cette troisième expression enchaine l'opérateur d'affectation (`=`). La représentation graphique de l'expression se fait en gardant en mémoire que l'affectation s'évalue de droite à gauche. Il vient donc




A partir d'ici, on peut commencer à évaluer l'expression en partant du bas de l'arbre et en repectant l'ordre de priorité pour les éléments de même niveau :

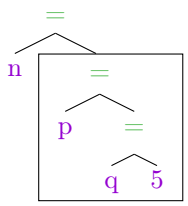
1. `q = 5` affecte la valeur `5` à `q`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 30 |
| p | 20 |
| q | 5 |
| r | 1 |

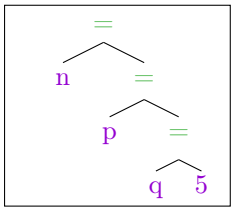
2. `p = 5` affecte la valeur de l'expression à droite obtenue précédemment (`5`) dans `p`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 30 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

3. `n = 5` affecte la valeur de l'expression à droite obtenue précédemment (`5`) dans `n`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 5 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

Finalement, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 5 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

TABLE 8 – Valeurs finales des variables, après évaluation de l'expression `n = p = q = 5`.

**Suite de l'Exercice**

Passons à l'expression `q = (n < p) * n++ - p`. Voir la Sec. 1.6.

## 1.6 Expression `q = (n < p) * n++ - p`


Si vous voyez directement comment procéder, voyez la suite 1.6.3
Si vous êtes un peu perdu, voyez le rappel sur la priorité des opérateurs 1.3.1
Si nécessaire, voyez le rappel sur les opérateurs d'incrémentation et décrémentation 1.6.1
Si l'opérateur = vous semble obscur, voyez le rappel sur l'opérateur d'affectation 1.3.2
Si vous avez besoin d'un indice, rendez-vous 1.6.2

### 1.6.1 Rappels sur l'Opérateur d'Incrémentation/Décrémentation

Le rappel sur l'affectation indique que le sucre syntaxique permet, entre autre, de simplifier l'incrémentation/décrémentation d'une variable. Il existe une version encore plus simplifiée à l'aide des opérateurs d'incrémentation et de décrémentation.

L'opérateur d'*incrémentation*, `++`, est un opérateur unaire (i.e., il ne s'applique qu'à une seule opérande) dont l'opérande est une valeur à gauche (i.e., l'opérande est là pour stocker le résultat de l'opération – ce ne peut donc être qu'une variable). L'équivalent pour la *décrémentation* existe : `--`.

L'opérateur d'incrémentation (resp. de décrémentation) peut être placé :

**à droite** de l'opérande :

```
1 x++
2 y--
```

la variable est incrémentée (`x`) ou décrémentée (`y`) d'une unité. Mais, attention, la valeur de toute l'expression est celle de l'opérande **avant** l'incrémentation/décrémentation.

**à gauche** de l'opérande :

```
1 ++x
2 --y
```

la variable est incrémentée (`x`) ou décrémentée (`y`) d'une unité. Mais, attention, la valeur de toute l'expression est celle de l'opérande **après** l'incrémentation/décrémentation.

Un moyen simple (mais efficace) pour se souvenir du fonctionnement de l'opérateur, c'est de s'appuyer sur le sens de lecture en français (gauche → droite). Si l'opérateur est à droite de l'opérande, alors on lit d'abord la valeur de variable, cette valeur devenant la valeur de toute l'expression, et, ensuite, on incrémente/décrémente la variable. Si l'opérateur est à gauche, on effectue d'abord l'incrémentation/décrémentation et, ensuite, on lit la valeur de la variable qui a déjà été modifée par l'opérateur (la valeur de l'expression est alors cette nouvelle valeur de la variable).

**Alerte : Lequel faut-il utiliser ?**

Est-il souhaitable de placer l'opérateur à gauche ou à droite de l'opérande ?
En théorie, placer l'opérateur à gauche est plus efficace (une opération en moins pour le CPU, comparé au placement à droite).
En pratique, avec les machines dont on dispose en 2020, la différence entre les deux est devenue totalement négligeable.
Dans les codes que vous aurez à construire durant le quadrimestre, vous avez la possibilité d'utiliser le positionnement que vous préférez pour l'opérateur d'incrémentation/décrémentation.

#### Suite de l'Exercice

Si vous avez besoin d'un indice pour l'expression `q = (n < p) * n++ - p`, rendez-vous à la Sec. 1.6.2.
À vous ! Evaluez l'expression 4.

### 1.6.2 Indice

Dans l'expression `q = (n < p) * n++ - p`, essayez d'identifier l'opérateur ayant la priorité la plus faible. Ensuite, construisez un arbre (comme dans les slides du cours théorique) avec cet opérateur le plus faible comme racine.

Evaluez ensuite l'expression pas à pas, de la partie la plus prioritaire (le bas de l'arbre) vers la moins prioritaire (le haut de l'arbre).

#### Suite de l'Exercice

À vous ! Evaluez l'expression 4.

### 1.6.3 Mise en Commun de l'Evaluation de l'Expression

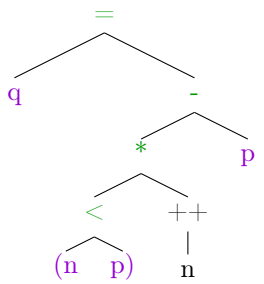
L'expression à évaluer est la suivante : `q = (n < p) * n++ - p`. Avant l'évaluation de cette expression, les différentes variables ont les valeurs suivantes :

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 5 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

TABLE 9 – Valeurs initiales des variables, avant évaluation de l'expression `q = (n < p) * n++ - p`.

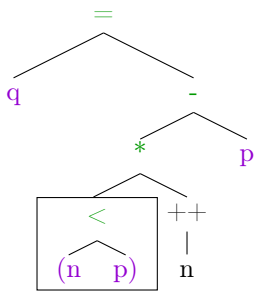
Dans cette expression, les parenthèses sont prioritaires ; `(n < p)` sera donc la première expression à évaluer. L'opérateur d'incrémentation (`++`) est le deuxième prioritaire. Comme celui-ci est à droite de l'opérande (`n`), lors de l'évaluation de l'expression, la valeur de l'expression correspond à celle de `n` avant l'incrémentation. On retrouve ensuite les deux opérateurs arithmétiques `*` et `-` avec des priorités identiques à l'algèbre. Enfin, on a un opérateur d'affectation.

Si on représente graphiquement cette expression, cela donne




A partir d'ici, on peut commencer à évaluer l'expression en partant du bas de l'arbre et en repectant l'ordre de priorité pour les éléments de même niveau :

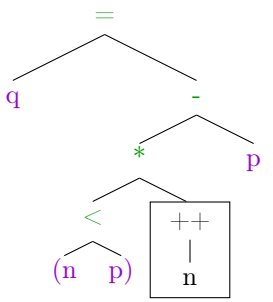
1. `(n < p)` contient un opérateur de comparaison, l'expression prendra donc une valeur booléenne. `n` n'étant pas plus petit que `p`, l'expression sera évaluée à faux `0`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 5 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

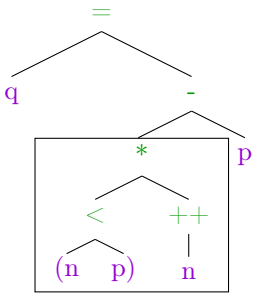
2. `n++` incrémentera d'une unité `n` après l'évaluation de l'expression (qui vaudra l'ancienne valeur de `n`, soit 5).




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 6 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

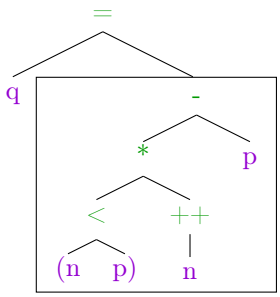
3. `0 * n` prend la valeur du résultat de cette multiplication ; `0`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 6 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

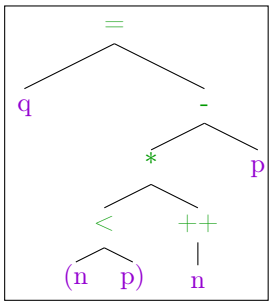
4. L'expression `0 - p` est évaluée à `-5`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 6 |
| p | 5 |
| q | 5 |
| r | 1 |

5. `q = -5` affecte la valeur de l'expression à droite obtenue précédemment (`-5`) dans `q`.




Nouvelles valeurs :

| Expression | Valeur |
|---|---|
| n | 6 |
| p | 5 |
| q | -5 |
| r | 1 |

Finalement, les différentes variables ont les valeurs indiquées dans le Tableau 10.

**Suite de l'Exercice**

Pour avoir un rappel des différentes valeurs obtenues aux étapes, voir la Sec. 1.7.

| Variable | Valeur |
|---|---|
| n | 6 |
| p | 5 |
| q | -5 |
| r | 1 |

TABLE 10 – Valeurs finales des variables, après évaluation de l'expression `q = (n < p) * n++ - p`.

## 1.7 Résultat Final

Le résultat final est le suivant :

| Expressions | `n` | `p` | `q` | `r` |
|---|---|---|---|---|
| Initialisation | 10 | 5 | 10 | 2 |
| `r = n == (p = q)` | 10 | 10 | 10 | 1 |
| `n += p += q` | 30 | 20 | 10 | 1 |
| `n = p = q = 5` | 5 | 5 | 5 | 1 |
| `q = (n < p) * n++ - p` | 6 | 5 | -5 | 1 |