CAML

6 - Programmation impérative

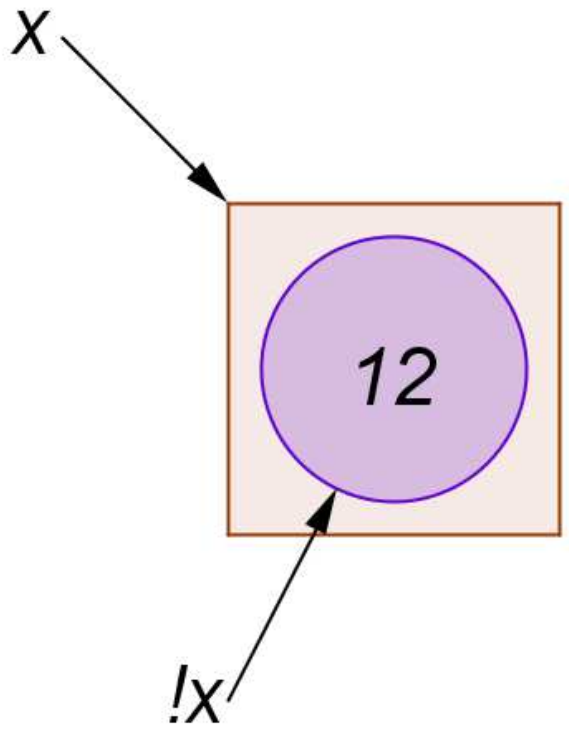
http://tsi.tuxfamily.org/OCaml

1er avril 2023

Vocalulaire

Déclarer une **référence** permet de nommer un emplacement de la mémoire destiné à y placer des objets qui ont vocation à être modifiés. Il s'agit donc d'une variable **mutable**.
On distingue :

- L'emplacement `x`.
- du contenu `!x`.



Définir et utiliser **référence** :

```
# let x = ref 3;;
val x : int ref = {contents = 3}
# x;;
- : int ref = {contents = 3}
# x+1;;
Characters 1-2:
  x+1;;
  ^
Error: This expression has type int ref
       but an expression was expected of type
         int
# !x+1;;
- : int = 4
```

Cette expression est de type int ref, mais est utilisée avec le type int.

Modifier une référence :

```
# !x+1;;
- : int = 4
# x := !x+1;;
- : unit = ()
# x;;
- : int ref = {contents = 4}
# !x;;
- : int = 4
```

Boucle conditionnelles TANT QUE :

```
#let i = ref 0 in
  while !i < 5 do
    print_int !i;
    i := !i + 1;
  done;;
01234- : unit = ()
```

Exercice :

Quel est le type de la fonction `calcul` ainsi définie ? Que renvoie-t-elle ?

```
let calcul x y =
  let a = ref x and b = ref y and tmp = ref 0 in
    while !b <> 0 do
      tmp :=!a;
      a := !b;
      b := !tmp mod !b
    done;
  !a
;;
```

Une exemple de rédaction de la solution : on reconnait l'algorithme d'Euclide... Démontrons que `calcul x y` renvoie le PGCD de `x` et `y` si `x` et `y` sont des entiers naturels non simultanément nuls.

Une exemple de rédaction de la solution : on reconnait l'algorithme d'Euclide... Démontrons que `calcul x y` renvoie le PGCD de `x` et `y` si `x` et `y` sont des entiers naturels non simultanément nuls.

- Prouvons la terminaison : le variant de boucle est la variable b :
  - ◇ Si $y = 0$ au début, on n'entre pas dans la boucle, ainsi le programme se termine.
  - ◇ Sinon, après le premier passage dans de la boucle, b devient le reste de la division $a \div b$. On prouve ainsi que l'accumulateur b décroit strictement à chaque itération tout en restant dans $\mathbb{N}$. b fini donc par valoir 0 et la boucle s'arrête.

• Prouvons la correction du programme : l'invariant de boucle pour pourrait être $(\bigstar)$: $PGCD(a, b) = PGCD(x, y)$.

◇ Avant d'entrer dans la boucle, $a = x$ et $b = y$, donc $(\bigstar)$ vraie.

◇ Si en entrant dans la boucle, on a $(\bigstar)$, notons $\tilde{a}$ et $\tilde{b}$ les valeurs d'entrée de boucle de a et b. A la dernière ligne de la boucle, $a = \tilde{b}$ et il existe $q \in \mathbb{N}$, tel que $b = \tilde{a} - \tilde{b} \times q$. Ainsi $PGCD(a, b) = PGCD(\tilde{b}, \tilde{a} - \tilde{b} \times q) = PGCD(\tilde{b}, \tilde{a}) = PGCD(x, y)$ par hypothèse.

◇ A la fin de la boucle, $b = 0$, or on a toujours $PGCD(x, y) = PGCD(a, b) = PGCD(a, 0) = a$. L'accumulateur a contient donc bien le $PGCD(a, b)$.

Remarque : si $a = b = 0$, l'algorithme renvoie 0 (On rappelle que le couple $(0, 0)$ n'a pas de plus grand diviseur commun.) et si a ou b est négatif, on peut prouver que les valeurs de b restent décroissantes en valeur absolue, l'algorithme s'arrête donc, cependant, il peut retourner $-PGCD(a, b)$.

Boucle inconditionnelle POUR :

```
for i = 1 to 5 do print_int i; done;;
#12345- : unit = ()
```

Différences avec Python

Les tableaux

Vocabulaire

Un tableau, aussi appelé "**vecteur**", est une suite finie et modifiable de valeurs d'un même type.

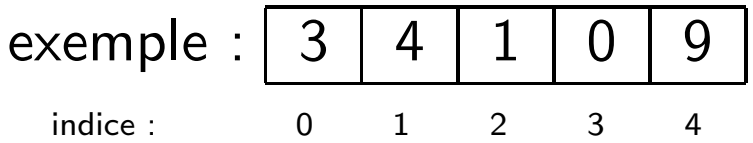
exemple :

3	4	1	0	9

Les tableaux

Vocabulaire

Un tableau, aussi appelé "**vecteur**", est une suite finie et modifiable de valeurs d'un même type.



- Créer un tableau :

```
# let t = [|1; 3; 2; 7|];;
val t : int array = [|1; 3; 2; 7|]
# let s = Array.make 2 "OCaml";;
val s : string array = [|"OCaml"; "OCaml"|]
```

- Connaitre le nombre d'éléments dans un tableau :

```
# let n = Array.length t;;
val n : int = 4
```

- Lire la valeur au rang *i* :

```
# let elm = let t = [|1; 3; 8; 7|] in t.(2);;
val elm : int = 8
```

ou encore

```
# Array.get [|1; 3; 8; 7|] 2;;
- : int = 8
```

- Modifier une valeur :

```
# let t = [|1; 3; 2; 7|];;
val t : int array = [|1; 3; 2; 7|]
# t.(1) <- 0;;
- : unit = ()
# t;;
- : int array = [|1; 0; 2; 7|]
```

ou encore

```
# Array.set t 3 5;;
- : unit = ()
# t;;
- : int array = [|1; 0; 2; 5|]
```

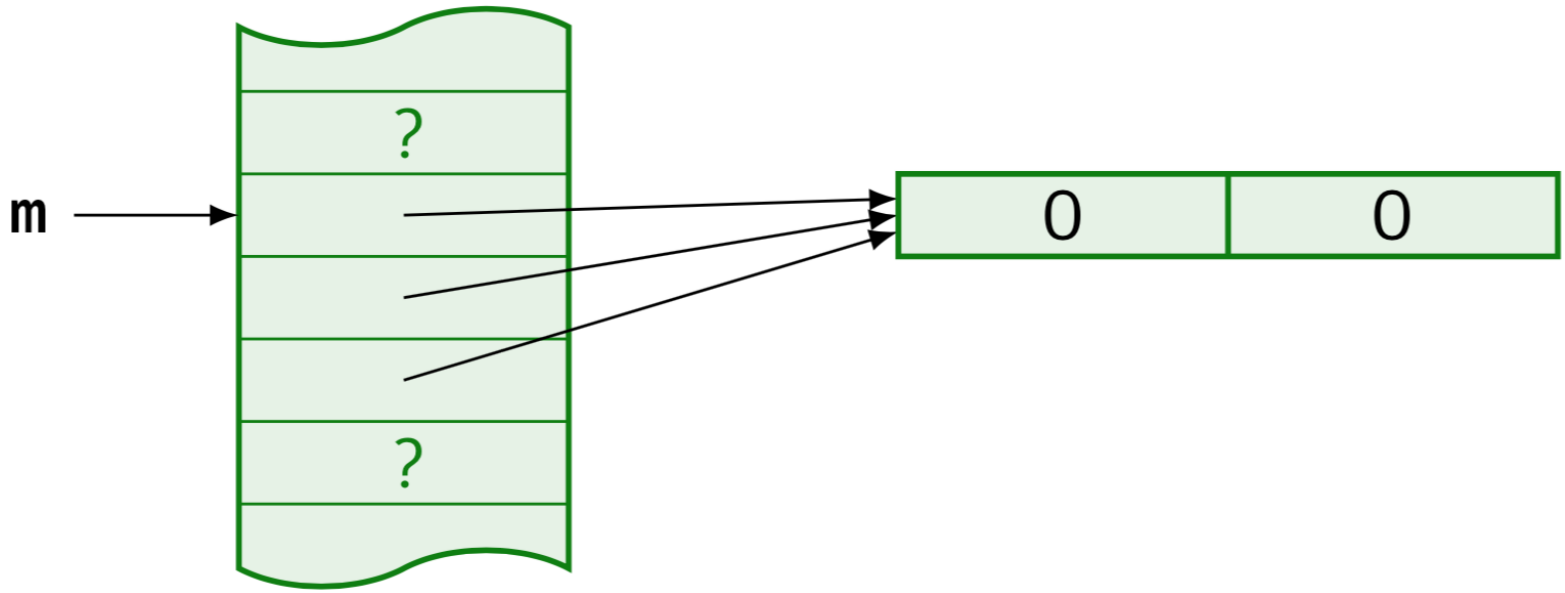
Quelles différences entre les tableaux et les listes ?

Quel type de programmation choisir ?

Pour créer une matrice (tableau à deux dimension), on peut créer un tableau de tableau : une première idée :

```
# let m = Array.make 3 (Array.make 2 0);;
val m : int array array =
                [|[|0; 0|]; [|0; 0|]; [|0; 0|]|]
# m.(0).(0) <- 1;;
- : unit = ()
# m;;
- : int array array =
                [|[|1; 0|]; [|1; 0|]; [|1; 0|]|]
```

Explication :



Deux alternatives :

```
#let m = Array.make 3 [||];;
val m : '_weak1 array array=[|[||]; [||]; [||]|]

#for i = 0 to 2 do m.(i)<-Array.make 2 0 done;;
- : unit = ()

# m;;
- : int array array =
              [| [|0; 0|]; [|0; 0|]; [|0; 0|] |]

# m.(0).(0) <- 1;;
- : unit = ()

# m;;
- : int array array =
              [| [|1; 0|]; [|0; 0|]; [|0; 0|] |]
```

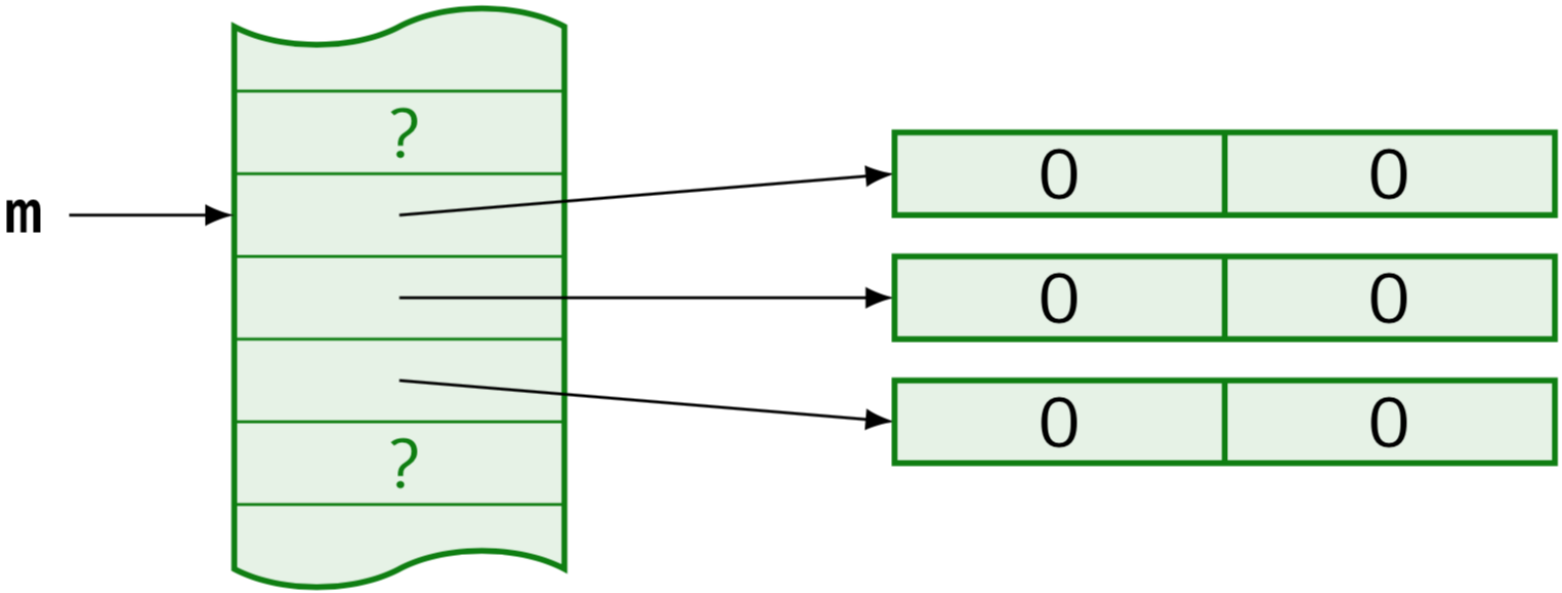
ou en utilisant la fonction `matrix` qui fait le travail pour nous :

```
# let m = Array.make_matrix 3 2 0;;
val m : int array array =
              [| [|0; 0|]; [|0; 0|]; [|0; 0|] |]

# m.(0).(0) <- 1;;
- : unit = ()

# m;;
- : int array array =
              [| [|1; 0|]; [|0; 0|]; [|0; 0|] |]
```

Cette fois-ci :



Sur un exemple : on cherche à déterminer la i-ième plus grande valeur d'un tableau d'**entiers naturels** et renvoie -1 si ce tableau contient moins de i valeurs.

Sur un exemple : on cherche à déterminer la i-ième plus grande valeur d'un tableau d'**entiers naturels** et renvoie -1 si ce tableau contient moins de i valeurs.
L'algorithme proposé ici consiste à répéter i fois :

- Récupérer la plus grande valeur et son indice dans le tableau.
- Remplacer cette valeur par -1

A la fin, on renvoie la plus grande valeur trouvée au dernier tour.

Voici une proposition de code :

```
let plusgrand t i =
    for i = 1 to i do
        let maxi = ref (-1) and imax = ref (-1) in
            for j = 0 to Array.length t - 1 do
                if t.(j) > !maxi then begin
                    maxi := t.(j);
                    imax := j
                end;
            done;
            t.(!imax) <- -1
    done;
    !maxi
;;
```

Pourquoi cette solution ne fonctionne pas ?

Pourquoi cette solution ne fonctionne pas ?

- Problème de portée de variable.

Pourquoi cette solution ne fonctionne pas ?

- Problème de portée de variable.

Que se passe–t-il si on exécute :

```
let t = [|3;1;9;7;4|];;
plusgrand t 2;;
t;;
```

Pourquoi cette solution ne fonctionne pas ?

- Problème de portée de variable.

Que se passe–t-il si on exécute :

```
let t = [|3;1;9;7;4|];;
plusgrand t 2;;
t;;
```

- Problème d'effet de bord (side effect).

OCaml distingue :

- Le caractère 'a'
- La chaîne de caractères "a"

```
# let x = 'a';;
val x : char = 'a'
# let x = "a";;
val x : string = "a"
```

Différences avec Python

Opérations sur les chaînes : on utilise le module String d'où la syntaxe (proche de Python) :

- Concaténation : ^ :

```
# "bon" ^ "jour";;
- : string = "bonjour"
```

- Créer une chaîne de longueur donnée :

```
# String.make 3 'a';;
- : string = "aaa"
```

(Le second argument est un caractère et non une chaîne).

- Connaître la longueur d'une chaîne :

```
# String.length "OCaml";;
- : int = 5
```

- Extraire une sous-chaîne :

```
# let t = "OCaml est un langage fonctionnel"
      in String.sub  t 13 7;;
- : string = "langage"
```

- Connaitre le caractère d'indice *i* :

```
# let txt = "OCaml" in txt.[1];;
- : char = 'C'
```

- Obtenir le code ASCII d'un caractère et inversement :

```
#int_of_char 'A';;
- : int = 65
#char_of_int 70;;
- : char = 'F'
```

American **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange
Code américain normalisé pour l'échange d'information

x10 \ x1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3			espace	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	-	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	\	]	^	_	`	a	b	c
10	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
11	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
12	x	y	z	{	|	}	~	□	€	

Conversions :

- `int_of_string "100"` renvoie 100
- `float_of_string "100"` renvoie 100.0
- `string_of_int 100` renvoie "100"
- `string_of_float 100.0` renvoie "100.0"

Plus généralement, `type1_of_type2` convertit un élément de type2 en un élément de type1.

- Modifier le caractère d'indice i : Une chaîne est une donnée **non mutable**. Depuis la version 4.02 d'OCaml, on ne peut plus modifier un élément d'une chaîne (comme en Python).
- Néanmoins, un autre type : `Bytes` représentant une suite **mutable** d'octets de longueur fixée permet de contourner le problème si besoin. Les octets sont donnés sous forme de caractères en correspondance avec leurs codes ASCII.

```
# let txt = Bytes.of_string "CAML";;
val txt : bytes = Bytes.of_string "CAML"
# Bytes.get txt 1;;
- : char = 'A'
# Bytes.set txt 3 'E';;
- : unit = ()
# Bytes.to_string txt;;
- : string = "CAME"
```

Ce type n'est pas à connaitre, si vous aviez à l'utiliser dans un sujet, les différentes fonctions liées à ce type seraient données en énoncé