Programmation fonctionnelle avec Objective Caml

4ème séance, 19 mars 2012

Programmation impérative

samuel.hornus@inria.fr

http://www.loria.fr/~shornus/ocaml/

Les effets de bord

Une expression peut avoir des effets de bords :

Les effets de bord

Une expression peut avoir des effets de bords :

- modifier une zone mémoire accessible par d'autres fonctions :
  - variables globale
  - pointeurs partagés
  - référence passée en argument
  - etc.

Les effets de bord

Une expression peut avoir des effets de bords :

- modifier une zone mémoire accessible par d'autres fonctions :
  - variables globale
  - pointeurs partagés
  - référence passée en argument
  - etc.

- écrire ou lire des données sur
  - l'écran
  - l'imprimante
  - `std{in|out|err}`
  - la webcam
  - etc.

Les effets de bord

Une expression peut avoir des effets de bords :

effet de bord (ou *effet*)

$\approx$

tout ce qui est suceptible de modifier le comportement futur de la fonction ou d'autres fonctions.

Les effets de bord

Exemple

```
let r = ref 0;;
let compteur =
      function () -> r := !r + 1; !r;;
# compteur ();;
- : int = 1
# compteur ();;
- : int = 2
# compteur ();;
- : int = 3
# r := 1983; compteur ();;
- : int = 1984
```

Les effets de bord

Exemple

```
let compteur =
    let r = ref 0 in
    function () -> r := !r + 1; !r;;
# compteur ();;
- : int = 1
# compteur ();;
- : int = 2
# compteur ();;
- : int = 3
# compteur ();;
- : int = 4
```

Dans un monde sans effet de bord...

ou encore... dans un monde purement fonctionnel...

- on peut évaluer les fonctions (et leurs arguments) dans n'importe quel ordre : `let a = f x + g x + h (z x)` : le résultats sera toujours le même.
- si `f x` est très long à calculer, le compilateur peut stocker le résultat pour le réutiliser plus tard.

Dans un monde sans effet de bord...

ou encore... dans un monde purement fonctionnel...

- on peut évaluer les fonctions (et leurs arguments) dans n'importe quel ordre : `let a = f x + g x + h (z x)` : le résultats sera toujours le même.
- si `f x` est très long à calculer, le compilateur peut stocker le résultat pour le réutiliser plus tard.

- simplifie la compréhension (humaine et automatique) d'un programme.
- ouvre plein de possibilité pour l'optimisation du code.
- réduit fortement la présence de bug.

Dans un monde sans effet de bord...

ou encore... dans un monde purement fonctionnel...

- on peut évaluer les fonctions (et leurs arguments) dans n'importe quel ordre : `let a = f x + g x + h (z x)` : le résultats sera toujours le même.
- si `f x` est très long à calculer, le compilateur peut stocker le résultat pour le réutiliser plus tard.

- simplifie la compréhension (humaine et automatique) d'un programme.
- ouvre plein de possibilité pour l'optimisation du code.
- réduit fortement la présence de bug.

...mais on a quand besoin des effets de bords de temps en temps... (au moins pour afficher un résultat !)

Les effets de bords dans OCaml

- `print_int`, `print_char`,`print_string`, `print_float`, `print_endline`, `print_newline`

  `Printf.printf`, ...

  `read_int`, `read_line`, `read_float`, ...

- Les opérations sur les fichiers

- Les références :

```
let i = ref 0
let f x = begin i :=!i + 1; x+!i end
# f 10;;
- : int = 11
# f 10;;
- : int = 12
```

- *etc.*

Les effets de bords dans OCaml

- `print_int`, `print_char`,`print_string`, `print_float`, `print_endline`, `print_newline`

  `Printf.printf`, ...

  `read_int`, `read_line`, `read_float`, ...

- Les opérations sur les fichiers

- Les références :

```
let i = ref 0
let f x = begin i := !i + 1; x+ !i end
# f 10;;
- : int = 11
# f 10;;
- : int = 12
```

f est un fonction à effet de bord

- *etc.*

Le temps entre en piste

Lorsque des effets de bords sont présents,
l'ordre d'évaluation d'une expression / des arguments d'une fonction, peut influer sur le résultat. On doit prendre en compte l'aspect temporel de l'exécution du programme. C'est une complication supplémentaire.

Le temps entre en piste

Lorsque des effets de bords sont présents,
l'ordre d'évaluation d'une expression / des arguments d'une fonction, peut influer sur le résultat. On doit prendre en compte l'aspect temporel de l'exécution du programme. C'est une complication supplémentaire.

```
let f x = print_int x; x
# f 1 + f 2 + f 3 + f 4 + f 5 + f 6;;
654321- : int = 21
```

Les séquences

expr : := expr_1 ; expr_2

expr : := (expr)

expr : := begin expr end

Les séquences

```
expr : := expr_1 ; expr_2
expr : := ( expr )
expr : := begin expr end
```

Quand expr est évaluée :

1. expr_1 est évaluée en premier.
2. expr_2 est évaluée ensuite.
3. la valeur de expr est celle de expr_2 (la dernière valeur de la séquence)

Les séquences

expr : := expr_1 ; expr_2

expr : := (expr)

expr : := begin expr end

```
#  f 1; f 2; f 3;;
Warning 10: this expression should have type unit.
Warning 10: this expression should have type unit.
123- : int = 3
```

Les séquences

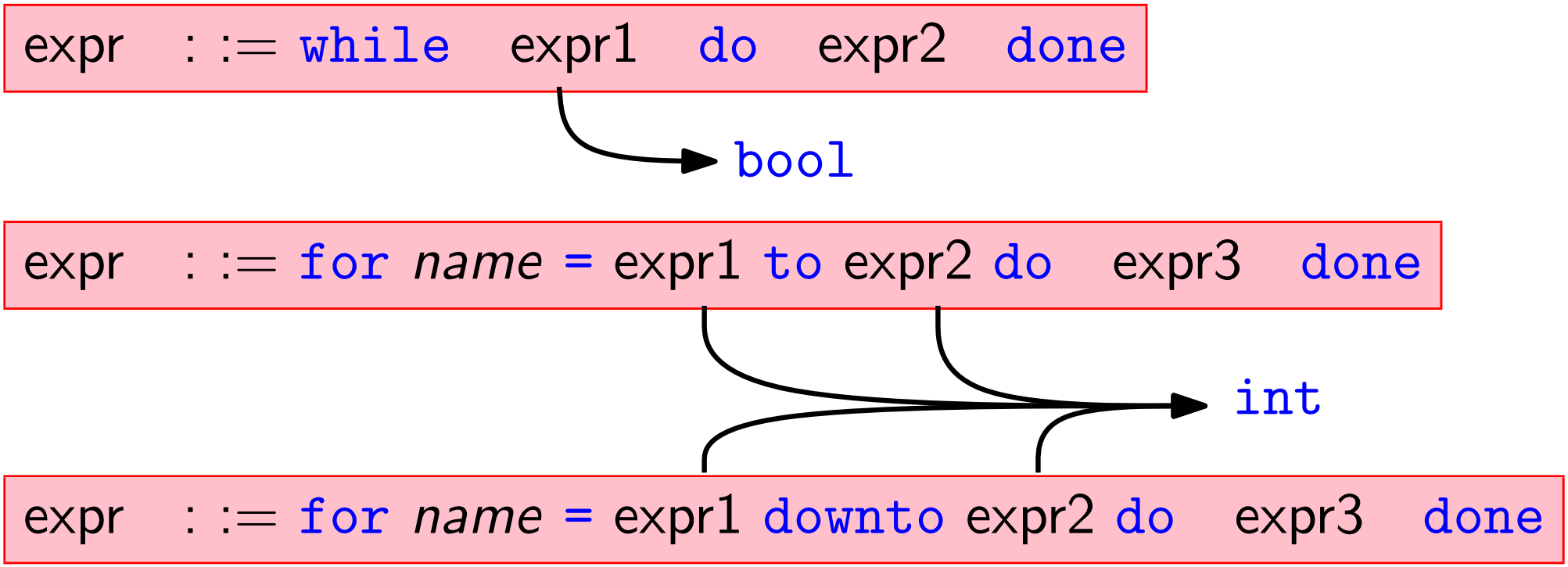
expr : := expr_1 ; expr_2

expr : := (expr)

expr : := begin expr end

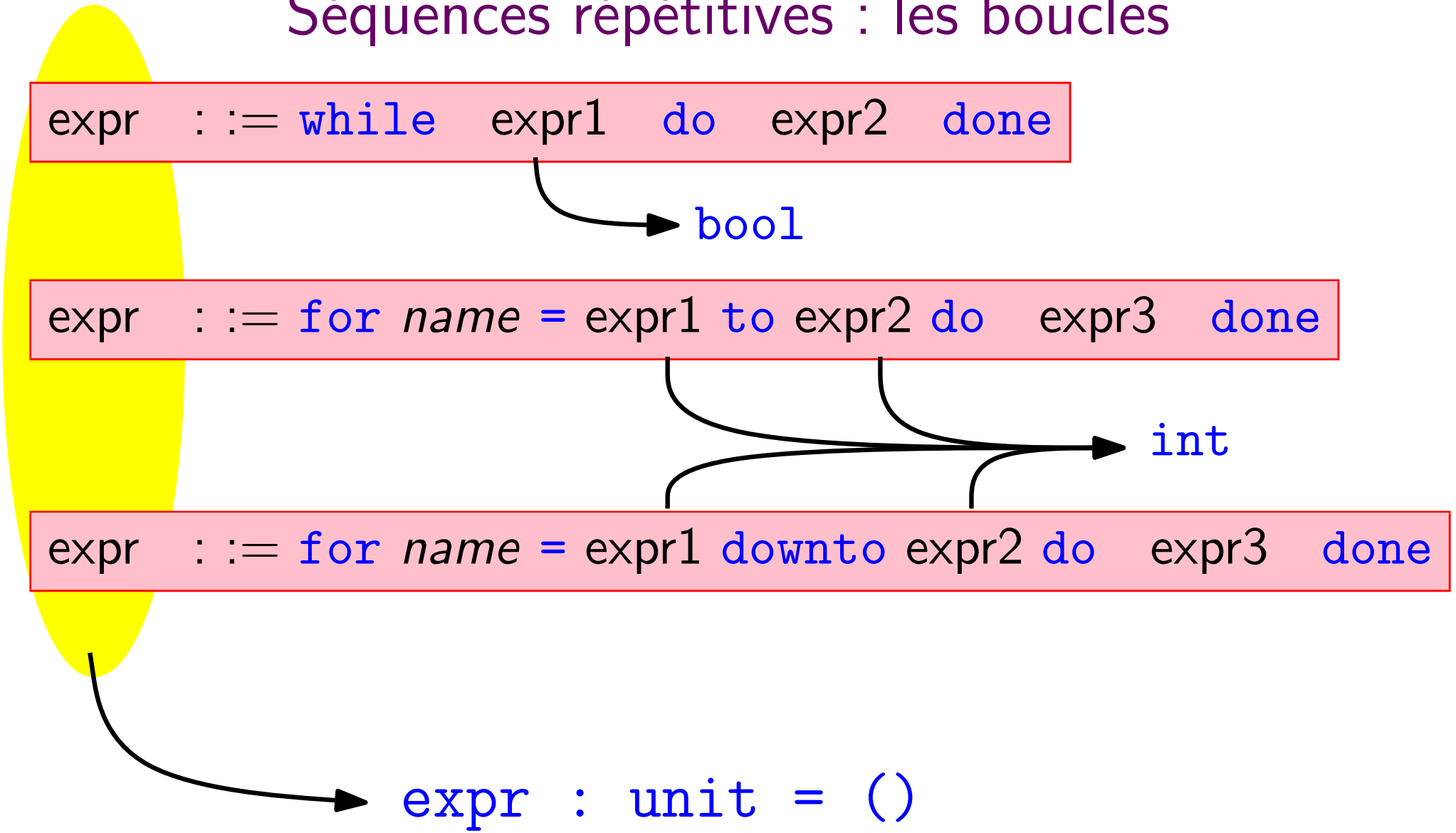
```
#  f 1; f 2; f 3;;
Warning 10: this expression should have type unit.
Warning 10: this expression should have type unit.
123- : int = 3

# let g x = print_int x;;
# g 1; g 2; f 3;;
123- : int = 3
# begin g 100; g 200; f 300 end;;
100200300- : int = 300
```

Séquences répétitives : les boucles



Quel est le type de `expr` ?

Séquences répétitives : les boucles



Les références

On les a déjà vu...

```
# let upu = ref (1+1) and d = 30;;
val upu : int ref = {contents = 2}
val d : int = 30

# !upu;;
- : int = 2

# upu := d + 10 + !upu ; !upu;;
- : int = 42
```

Seulement pour les `int ref` :

```
# (decr upu; decr upu; incr upu) ; !upu;;
- : int = 41
```

Les tableaux

```
# let tab = [|1; 2+3; !upu|];;
val tab : int array = [|1; 5; 41|]

# Array.make 10 0.0;;
- : float array = [|0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.|]

# tab.(1) <- 2011;;
- : unit = ()

# [tab.(2); tab.(1); tab.(0)];;
- : int list = [41; 2011; 1]
```

les cases d'un tableau sont mutables

Les tableaux

```
# let tab = [|1; 2+3; !upu|];;
val tab : int array = [|1; 5; 41|]

# Array.make 10 0.0;;
- : float array = [|0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.; 0.|]

# tab.(1) <- 2011;;
- : unit = ()

# [tab.(2); tab.(1); tab.(0)];;
- : int list = [41; 2011; 1]
```

les cases d'un tableau sont mutables

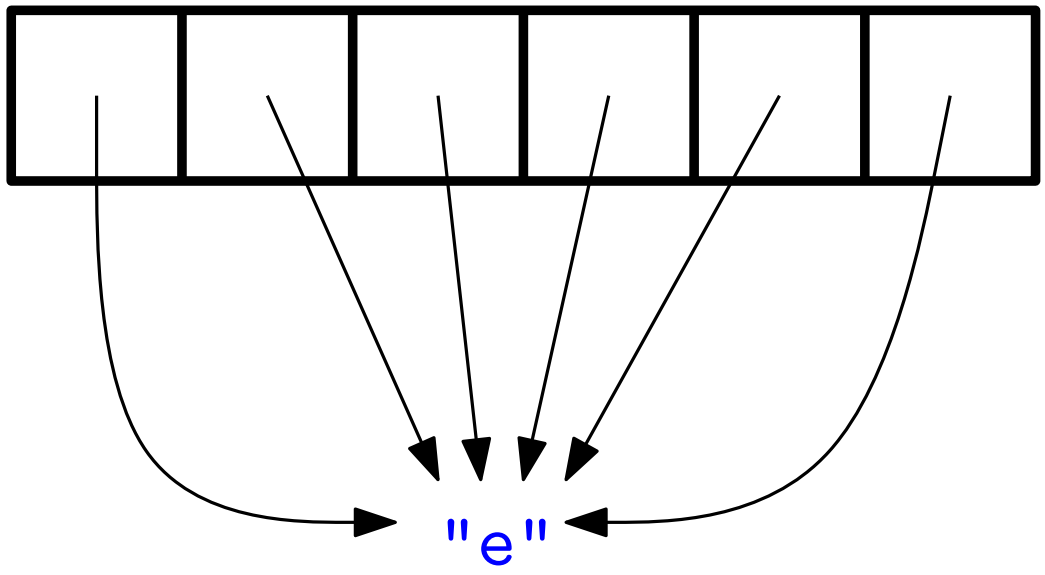
Voir la doc du module `Array`

http ://caml.inria.fr/pub/docs/manual-ocaml/libref/Array.html

Partage dans les tableaux

```
let tab = Array.make 6 "e"
```

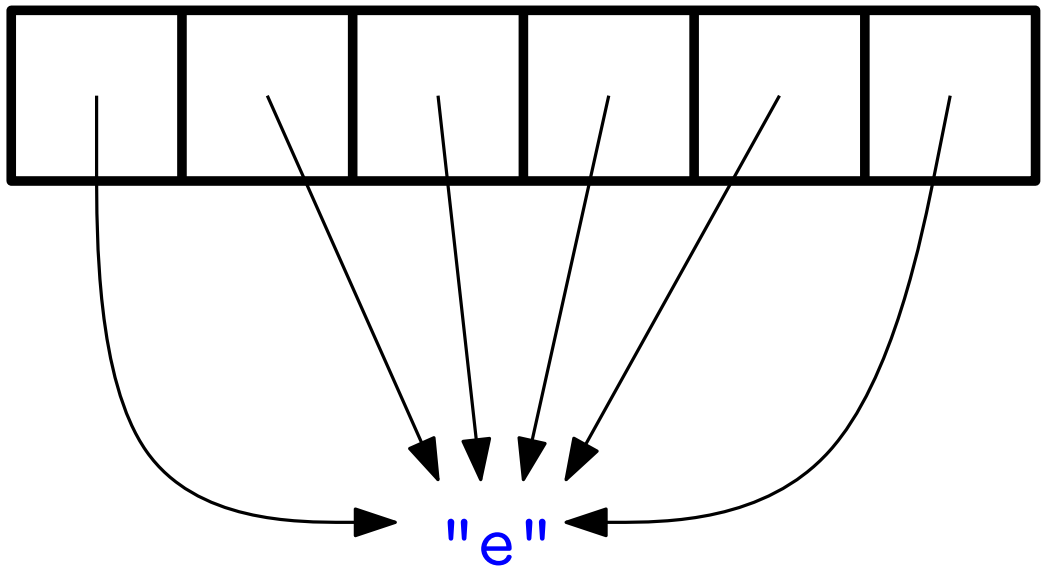
tab =



Partage dans les tableaux

```
let tab = Array.make 6 "e"
```

tab =

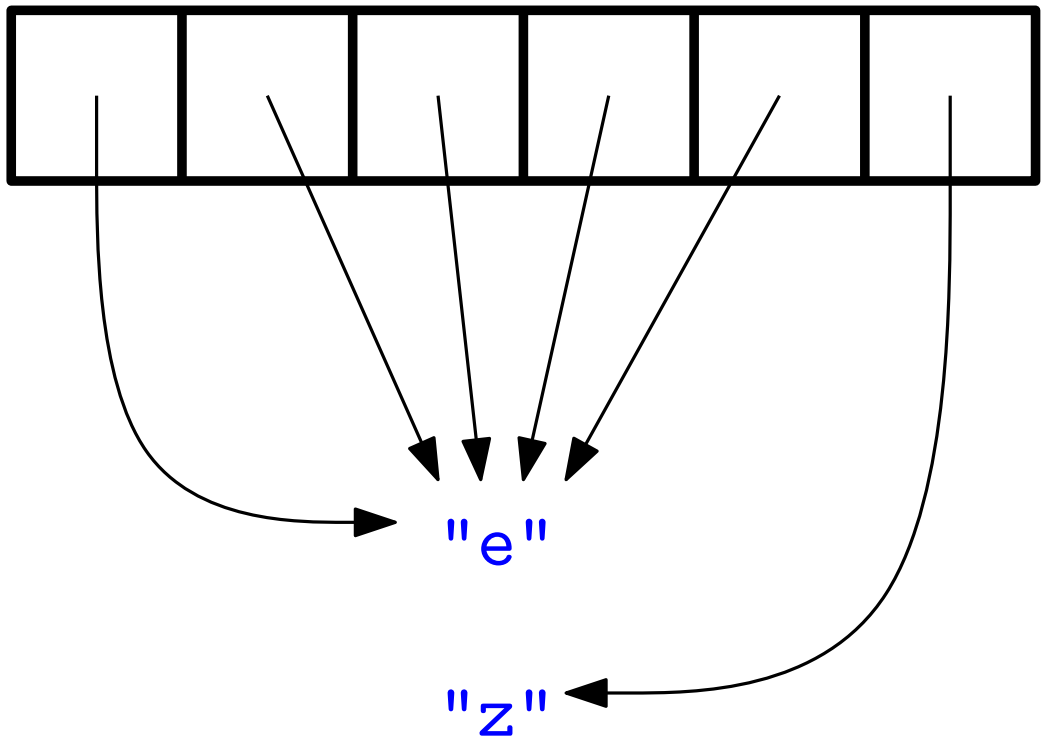



```
tab.(5) <- "z"
```

Partage dans les tableaux

```
let tab = Array.make 6 "e"
```

tab =

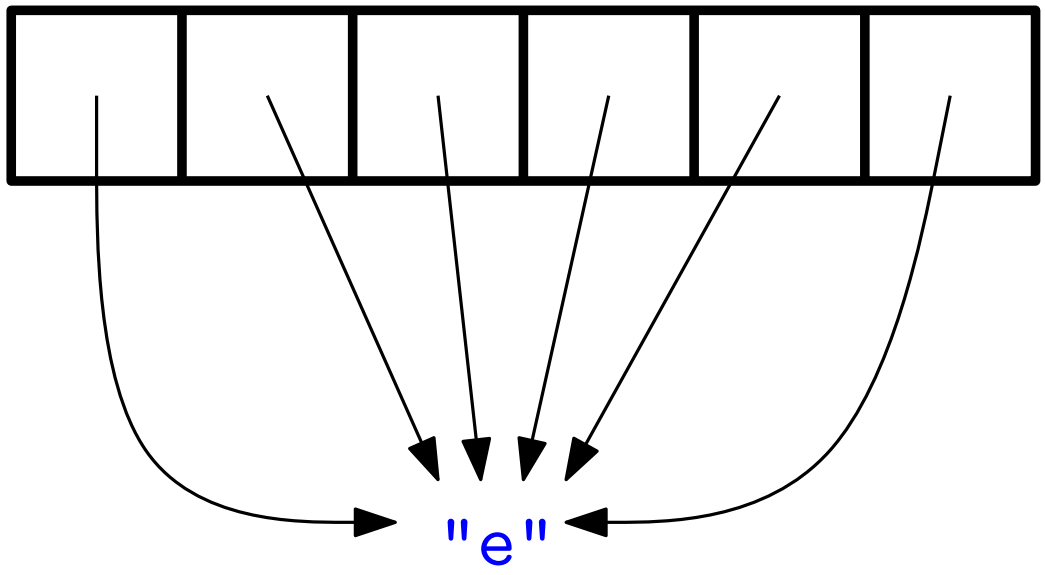



```
tab.(5) <- "z"
```

Partage dans les tableaux

```
let tab = Array.make 6 "e"
```

tab =

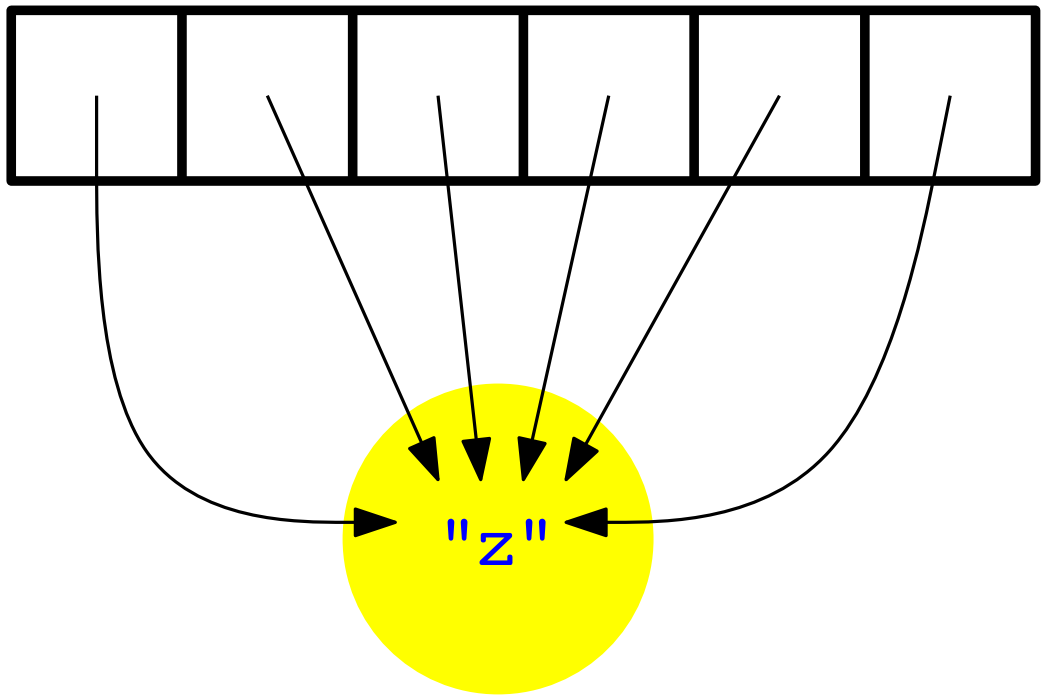



```
tab.(5).[0] <- 'z'
```

Partage dans les tableaux

```
let tab = Array.make 6 "e"
```

tab =




```
tab.(5).[0] <- 'z'
```

... et le tableau ne contient plus que des `"z"`

Partage dans les tableaux

Pour avoir des chaînes[a] différentes avec le même contenu, voici une solution possible :

```
# for i = 0 to 5 do
  tab.(i) <- String.make 1 'z'
done; tab;;
- : string array = [|"z";"z";"z";"z";"z";"z"|]

# tab.(5).[0] <- 'X'; tab;;
- : string array = [|"z"; "z"; "z"; "z"; "z"; "X"|]
```

---

a. ou quelque-chose *mutable*

Les chaînes de caractères *(string)*

Comme pour les tableaux : les chaînes de caractères sont mutables.

La syntaxe est un peu différente ; [] au lieu de () :

```
let nom = "Hornus"
# nom.[3];;
- : char = 'n'
# nom.[0] <- 'C'; nom;;
- : string = "Cornus"
```

Les champs mutables (=modifiables)

Retour sur les enregistrements

```
type cercle =
{
  centre : float * float;
  rayon : int
}
# let c1 = { centre = (1.0, 2.0); rayon = 3 };;
val c1 : cercle = {centre = (1., 2.); rayon = 3}
# let c2 = {c1 with centre = (4.0, 3.0)};;
val c2 : cercle = {centre = (4., 3.); rayon = 3}
# let aire c = let pi = 4.0 *. atan 1.0
                and r = float c.rayon
                in pi *. r *. r;;
val aire : cercle -> float = <fun>
# aire c1;;
- : float = 28.274333882308138
```

Les champs mutables (=modifiables)

Mutabilité : On peut déclarer qu'un champs est *mutable* (modifiable).

Les champs mutables (=modifiables)

Mutabilité : On peut déclarer qu'un champs est *mutable* (modifiable).

```
type cercle =
{
  centre : float * float;
  mutable rayon : int
}
```

Les champs mutables (=modifiables)

Mutabilité : On peut déclarer qu'un champs est *mutable* (modifiable).

```
type cercle =
{
  centre : float * float;
  mutable rayon : int
}
# c2;;
- : cercle = {centre = (4., 3.); rayon = 3}
# c2.rayon <- 25;;
- : unit = ()
# c2;;
- : cercle = {centre = (4., 3.); rayon = 25}
# c2.centre <- (0.0, 0.0);;
Error: The record field label centre is not mutable
```

Retour sur les références

Les références permettent d'introduire facilement une variable mutable. Voici leur implémentation :

```
type 'a ref = { mutable contenu : 'a }
# let ref x = { contenu = x };;
val ref : 'a -> 'a ref = <fun>
# let ( ! ) r = r.contenu;;
val ( ! ) : 'a ref -> 'a = <fun>
# let ( := ) r v = r.contenu <- v;;
val ( := ) : 'a ref -> 'a -> unit = <fun>
```

Fin du cours