

Programmation Fonctionnelle

Cours 05

Michele Pagani



Université Paris Diderot
UFR Informatique
Institut de Recherche en Informatique Fondamentale

`pagani@irif.fr`

9 octobre 2017

Type enregistrement

Enregistrements = produits avec champs nommés

```
type typename = {identifieur1 : type1;  
    ... ;  
    identifiern : typen}
```

- en Anglais: **record**
- défini par la mot clé **type** comme un ensemble de champs nommés par des identificateurs
- on ne peut pas utiliser le même nom de champs dans deux types d'enregistrement différents
 - nécessaire pour une inférence de type efficace
- une **valeur** est un ensemble associant à chaque champ une valeur du type correspondant
- accès aux champs (projections) en notation pointée ou par filtrage par motif

Enregistrements (Exemples)

```
# type date = {  
    day: int;  
    month: string;  
    year: int  
};;  
type date = { day : int; month : string; year : int; }  
  
# let today = {  
    day = 7; month = "october"; year = 2014;  
};;  
val today : date = {day = 7; month = "october"; year = 2014}  
  
# let tomorrow = {  
    year = 2014; day = 8; month = "october";  
};;  
(* ordre des champs pas important *)  
val tomorrow : date = {day = 8; month = "october"; year = 2014}  
  
# today.year;; (* notation pointee *)  
- : int = 2014  
  
# let getday {year=y; day=d; month=o} = d;; (* filtrage implicite *)  
val getday : date -> int = <fun>
```

Enregistrements (Exemples)

```
# type r1 =  
  {a: string; b:int};;  
type r1 = { a : string; b : int; }
```

```
# type r2 =  
  {a:string; b:float};;  
type r2 = { a : string; b : float; }
```

```
# {a="john"; b=17;};;  
      ^^^
```

Error: This expression has **type** int but an expression
was expected **of type** float

```
# {a="john"; b=10.7};;  
- : r2 = {a = "john"; b = 10.7}
```

Enregistrements vs n -uplets

Avantages des enregistrements:

- pas besoin de se rappeler l'ordre des éléments d'un enregistrement
- même pas besoin de connaître le nombre exact de champs pour accéder à un champ d'un enregistrement
- moins de modifications à faire dans le code quand on ajoute un champ à un enregistrement, que quand on ajoute un composant à un n -uplet

Enregistrements vs n -uplets

Avantages des enregistrements:

- pas besoin de se rappeler l'ordre des éléments d'un enregistrement
- même pas besoin de connaître le nombre exact de champs pour accéder à un champ d'un enregistrement
- moins de modifications à faire dans le code quand on ajoute un champ à un enregistrement, que quand on ajoute un composant à un n -uplet

Enregistrements vs n -uplets

Avantages des enregistrements:

- pas besoin de se rappeler l'ordre des éléments d'un enregistrement
- même pas besoin de connaître le nombre exact de champs pour accéder à un champ d'un enregistrement
- moins de modifications à faire dans le code quand on ajoute un champ à un enregistrement, que quand on ajoute un composant à un n -uplet

Enregistrements (Exercise)

- 1 Définir un type nombre complexe
- 2 Définir la fonction qui calcule la valeur absolue d'un nombre complexe
- 3 Définir la fonction qui calcule la multiplication de deux nombres complexes

Filtrage par motifs (Pattern matching)

Filtrage par motif

S'applique à n'importe quel type (sauf fonctions et objets):

```
(* sur le listes *)
```

```
let rec map f list = match list with  
  [] -> []  
  | t::q -> (f t) :: (map f q);;
```

```
(* sur les types produits *)
```

```
let trd triplet = match triplet with (x,y,z) -> z;;
```

```
(* sur les types sommes *)
```

```
type 'a tree = Nil | Node of 'a * 'a tree * 'a tree;;
```

```
let rec height t = match t with  
  | Nil -> 0  
  | Node (_,t1,t2) -> 1+ (max (height t1) (height t2));;
```

```
(* sur les types de base *)
```

```
let rec fact n = match n with  
  0 -> 1  
  | n -> n * fact (n-1);;
```

Motif

```
# let rec map f list = match list with  
  [] -> []  
  | t::q -> (f t) :: (map f q);;  
val map : ('a -> 'b) -> 'a list -> 'b list = <fun>
```

- Un **motif** (en angl. **pattern**) est construit seulement de variables, valeurs et constructeurs
 - constructeurs liste: `::` et `[]`
 - constructeurs produit: `(,)`
 - constructeurs somme: définit avec la lettre majuscule, p.ex. `Nil`, `Node`
- Si un motif s'applique, **tous** les variables dans le motif sont liés. Leur portée : l'expression à droite du motif
- On peut dans un motif utiliser une variable générique `_`, dans ce cas il n'y a pas de liaison

Motif

```
# let rec map f list = match list with
  [] -> []
  | t::q -> (f t) :: (map f q);;
val map : ('a -> 'b) -> 'a list -> 'b list = <fun>
```

- Les motifs doivent être **linéaires**
(pas de répétition d'identificateur dans le même motif)
- Les motifs sont essayés dans l'ordre donné
- OCaml vérifie qu'aucun cas n'a été oublié:
l'ensemble des motifs doit être **exhaustif**.
- La non-exhaustivité donne lieu à un **warning**
- Il est fortement conseillé de faire des distinctions de cas exhaustifs

Filtrage (exemples)

Les motifs doivent être linéaires:

```
# let rec even_length l = match l with
| [] -> true
| [_] -> false
| t::t::reste -> even_length reste;;
  ^ ^
```

Error: Variable t is bound several times in this matching

```
# let rec even_length l = match l with
| [] -> true
| [_] -> false
| _::_::reste -> even_length reste;;
val even_length : 'a list -> bool = <fun>
```

```
# even_length [1;2;3];;
- : bool = false
```

```
# even_length [1;2;3;4];;
- : bool = true
```

Filtrage (exemples)

Les motifs doivent être linéaires:

```
# let rec even_length l = match l with
| [] -> true
| [_] -> false
| t::t::reste -> even_length reste;;
  ^ ^
```

Error: Variable t is bound several times in this matching

```
# let rec even_length l = match l with
| [] -> true
| [_] -> false
| _::_::reste -> even_length reste;;
val even_length : 'a list -> bool = <fun>
```

```
# even_length [1;2;3];;
- : bool = false
```

```
# even_length [1;2;3;4];;
- : bool = true
```

Filtrage (exemples)

Un motif est construit seulement de variables, valeurs et constructeurs:

```
# let rec fact n = match n with
  0 -> 1
  | n+1 -> (n+1)*(fact n);;
  ^^^
```

Error: Syntax error

```
# let rec length list = match list with
  [] -> 0
  | [t]@q -> 1+length q;;
  ^^^
```

Error: Syntax error

Filtrage (exemples)

Les motifs sont essayés dans l'ordre donné

```
# let rec fact n = match n with  
  n -> n * fact (n-1)  
  | 0 -> 1;;
```

Warning 11: this **match** case is unused.

```
val fact : int -> int = <fun>
```

```
# fact 2;;
```

Stack overflow during evaluation (looping recursion?).

Filtrage (exemples)

L'ensemble des motifs doit être exhaustif

```
# let hd list = match list with  
  t::q -> t;;
```

Warning 8: this pattern-matching is **not** exhaustive.
Here is an example of a **value** that is **not** matched:

```
[]  
val hd : 'a list -> 'a = <fun>
```

```
# hd [];;  
Exception: Match_failure ("//toplevel//", 113, -6).
```

Filtrage (exemples)

(quel est l'erreur ? *)*

```
# let rec trouve a list = match list with  
  [] -> false  
  | a::_ -> true  
  | b::q -> trouve a q;;  
val trouve : 'a -> 'b list -> bool = <fun>
```

```
# trouve 1 [1;2;3];;  
- : bool = true
```

```
# trouve 42 [1;2;3];;  
- : bool = true
```

Tous les identificateurs dans le motif sont liés

Filtrage (exemples)

(quel est l'erreur ? *)*

```
# let rec trouve a list = match list with
  [] -> false
  | a::_ -> true
  | b::q -> trouve a q;;
val trouve : 'a -> 'b list -> bool = <fun>
```

```
# trouve 1 [1;2;3];;
- : bool = true
```

```
# trouve 42 [1;2;3];;
- : bool = true
```

Tous les identificateurs dans le motif sont liés

Filtrage (exemples)

(la fonction trouve corrige *)*

```
# let rec trouve a list = match list with  
  [] -> false  
  | b::q -> if b=a then true else trouve a q;;  
val trouve : 'a -> 'a list -> bool = <fun>
```

```
# trouve 1 [1;2;3];;  
- : bool = true
```

```
# trouve 42 [1;2;3];;  
- : bool = false
```

Filtrage (exemples)

- motifs avec des alternatives

```
let rec fib n = match n with
0 | 1 -> n
  | n -> fib (n-1)+fib (n-2);;
val fib : int -> int = <fun>
```

```
# fib 10;;
- : int = 55
```

- motifs avec des conditions

```
let rec trouve a list = match list with
| [] -> false
| b::q when b = a -> true
| _::q -> trouve a q;;
val trouve : 'a -> 'a list -> bool = <fun>
```

```
# trouve 1 [1;2;3];;
- : bool = true
# trouve 42 [1;2;3];;
- : bool = false
```

Filtrage (exemples)

- motifs nommés

```
# let min_rat pr = match pr with
  | ((_,0),p2) -> p2
  | (p1,(_,0)) -> p1
  | (((n1,d1) as r1), ((n2,d2) as r2)) ->
      if (n1 * d2) < (n2 * d1) then r1 else r2;;
val min_rat : (int * int) * (int * int) -> int * int = <f
```

- filtrage sur plusieurs paramètres

```
let implication x y = match x,y with
  | (true, false) -> false
  | (true, true) -> true
  | (false, true) -> true
  | (false, false) -> true
val implication : bool -> bool -> bool = <fun>
```

Type Unit

Unit = la 0-uplet !

```
# ();;  
- : unit = ()
```

- il est le type avec une seule valeur possible: ()
- l'intérêt d'une expression de type `unit` n'est pas dans sa valeur mais dans ses effets de bord

```
# print_string "Hello␣world\n";;  
Hello world  
- : unit = ()
```

- modification de l'état du système (e.g. affichage à l'écran, écriture sur un fichier, changement de la mémoire...)
 - on sort ici du cadre purement fonctionnel
- on peut enchaîner des expressions de type `unit` en utilisant ;

```
# print_string "Hello␣"; print_string "world\n";;  
Hello world  
- : unit = ()
```

Unit = la 0-uplet !

```
# ();;  
- : unit = ()
```

- il est le type avec une seule valeur possible: ()
- l'intérêt d'une expression de type unit n'est pas dans sa valeur mais dans ses **effets de bord**

```
# print_string "Hello_world\n";;  
Hello world  
- : unit = ()
```

- modification de l'état du système (e.g. affichage à l'écran, écriture sur un fichier, changement de la mémoire...)
- **on sort ici du cadre purement fonctionnel**
- on peut enchaîner des expressions de type unit en utilisant ;

```
# print_string "Hello_"; print_string "world\n";;  
Hello world  
- : unit = ()
```

Unit = la 0-uplet !

```
# ();;  
- : unit = ()
```

- il est le type avec une seule valeur possible: ()
- l'intérêt d'une expression de type unit n'est pas dans sa valeur mais dans ses **effets de bord**

```
# print_string "Hello␣world\n";;  
Hello world  
- : unit = ()
```

- modification de l'état du système (e.g. affichage à l'écran, écriture sur un fichier, changement de la mémoire...)
 - **on sort ici du cadre purement fonctionnel**
- on peut enchaîner des expressions de type unit en utilisant ;

```
# print_string "Hello␣"; print_string "world\n";;  
Hello world  
- : unit = ()
```

Unit (fonctions)

<code>print_char : char -> unit</code>	affiche un caractère
<code>print_int : int -> unit</code>	affiche un entier
<code>print_float : float -> unit</code>	affiche un nombre réel
<code>print_string : string -> unit</code>	affiche une chaîne de caractères
<code>print_endline : string -> unit</code>	affiche une chaîne suivie d'un changement de ligne
<code>print_newline : unit -> unit</code>	affiche un changement de ligne
<code>read_line : unit -> string</code>	lit une chaîne de caractères
<code>read_int : unit -> int</code>	lit un entier
<code>read_float : unit -> float</code>	lit un nombre réel

- plus sur `unit` quand on étudiera les traits impératifs de OCaml.

Unit (examples)

*(*notez la difference !*)*

```
# let effet = print_endline "hello";;  
hello  
val effet : unit = ()
```

```
# let string = "hello";;  
val string : string = "hello"
```

```
# string^"␣world";;  
- : string = "hello␣world"
```

```
# effet^"␣world";;  
  ^^^
```

Error: This expression has **type** unit but an expression was expected **of type** string

```
# string ; 3;;  
  ^^^
```

Warning 10: this expression should have **type** unit.
- : int = 3

```
# effet ; 3;;  
- : int = 3
```

Unit (examples)

```
# read_line ();  
Hello  
- : string = "Hello"
```

```
# let hello = print_endline "Comment tu t'appelle?" ;  
      let s = read_line () in  
          print_endline ("Bonjour ^s^!");;  
Comment tu t'appelle?  
Michele  
Bonjour Michele!  
val hello : unit = ()
```

```
(*Qu'est-ce que fait cette fonction ?*)  
# let rec perroquet x =  
    print_endline "Je suis un perroquet" ;  
    let s = read_line () in  
        print_endline s ;  perroquet ();;  
val perroquet : unit -> 'a = <fun>
```

Unit (Exercice)

Écrire une fonction qui choisit un entier n au hasard (utiliser la fonction `Random.int`) et demande à l'utilisateur de deviner n . Si l'utilisateur choisit un entier plus grand (resp. plus petit) le programme lui affiche `trop grand` (resp. `trop petit`) et répète la demande. Le programme s'arrête lorsque l'utilisateur devine le nombre n .