

**info401 : Programmation fonctionnelle**  
**TD 2 : tuples et listes, un peu de filtrage**

Pierre Hyvernât  
Laboratoire de mathématiques de l'université de Savoie  
bâtiment Chablais, bureau 22, poste : 94 22  
email : [Pierre.Hyvernât@univ-savoie.fr](mailto:Pierre.Hyvernât@univ-savoie.fr)  
www : <http://www.lama.univ-savoie.fr/~hyvernât/>  
wiki : <http://www.lama.univ-savoie.fr/wiki>

**Exercice 1 : tuples.**

*Question 1.* Écrivez, sans utiliser le filtrage, des fonctions

```
- f : ('a * 'b) * 'c -> 'a * ('b * 'c),  
- g : 'a * ('b * 'c) -> ('a * 'b) * 'c.
```

Pouvez-vous montrer, par le raisonnement, que  $f (g x)$  est toujours égal à  $x$  ?

*Question 2.* Écrivez les fonctions précédentes en utilisant le filtrage.

*Question 3.* Les fonctions Caml suivantes sont valides. Quel sont leurs types, et que calculent-elles ?

```
let f x = match x with  
  (x,y) -> fst x  
let g x y = match x with  
  y -> snd y  
let h x y = match (x,y) with  
  z -> fst z
```

*Question 4.* On peut transformer une fonction à deux arguments de type `int` en une fonction à un seul argument, de type `int * int` ; et vice et versa. Écrivez les deux fonctions génériques de transformation et donnez leurs types. (La seconde fonction s'appelle `curry` et la première `uncurry`).

Discutez des avantages de la première (plusieurs arguments) et la seconde forme (un seul argument) pour une fonction.

*Question 5.* Soit la fonction récursive (Fibonacci)

$$f(0) = 0 \quad f(1) = 1 \quad f(n+2) = f(n+1) + f(n)$$

Pour compter le nombre d'appels récursifs à cette fonction lors du calcul de  $f(10)$ , vous pourriez utiliser un paramètre variable et faire la chose suivante en Pascal :

```
function fib (n:integer; var c:integer) : integer;  
begin  
  if (n=0) or (n=1)  
  then begin  
    fib := n;  
    c := 0;          { car 0 appel récursif }  
  end  
  else begin  
    fib := fib(n-1,c) + fib(n-2,c);  
    c := c+2;       { car 2 appels récursifs }  
  end  
end
```

Comment pourriez vous compter le nombre d'appels recursifs en Caml ?

## Exercice 2 : listes.

*Question 1.* Écrivez une fonction `longueur` : `'a list -> int` qui calcule la longueur d'une liste.

*Question 2.* Écrivez une fonction `applique` qui prend une fonction et une liste en arguments, et qui applique la fonction à tous les éléments de la liste.

Quel est le type de cette fonction ?

*Question 3.* Écrivez une fonction `concatene` : `'a list -> 'a list -> 'a list` qui concatène deux listes ensemble.

*Question 4.* Écrivez une fonction `renverse` : `'a list -> 'a list` qui renverse une liste.

Que pensez-vous de la complexité de votre fonction ?

*Question 5.* Toutes les fonctions précédentes\* suivent le schéma suivant :

- si la liste est vide, on renvoie une valeur donnée "o"
- sinon, on fait un appel récursif sur la fin de la liste, et on applique une fonction donnée "f" avec comme arguments :
  - . le premier élément de la liste,
  - . le résultat de l'appel récursif.

Une version générique de cette fonction est la fonction :

```
let rec réduit o f l =  
  match l with  
  [] -> o  
  | x::xs -> let r = (réduit o f xs)  
              in f x r
```

Rajoutez des annotations de type sur la déclaration de cette fonction et donnez son type complet tels que Caml l'afficherait.

*Question 6.* Reprogrammez les fonctions précédentes uniquement à partir de la fonction `réduit`.

*Question 7.* Toutes ces fonctions sont définies dans la librairie `List` :

- `longueur` s'appelle `length`,
- `applique` s'appelle `map`,
- `concatene` s'appelle `@` et on l'utilise de manière infix,
- `renverse` s'appelle `rev`,
- `réduit` s'appelle `fold_right`.

L'interprète Caml nous donne le type suivant pour la fonction `fold_right` :

```
# List.fold_right;;  
- : ('a -> 'b -> 'b) -> 'a list -> 'b -> 'b = <fun>
```

Que pouvez-vous en déduire sur l'ordre des arguments de `fold_right` par rapport à ceux de notre fonction `réduit` ?

*Question 8.* La fonction `fold_right` permet de calculer

```
f a1 (f a2 (f a3 (... (f an o))))
```

à partir de la liste `[a1 ; a2 ; a3 ; ... ; an]`.

La librairie `List` possède une fonction `fold_left`, dont le type est :

```
# List.fold_left;;  
- : ('a -> 'b -> 'a) -> 'a -> 'b list -> 'a = <fun>
```

Par analogie avec la fonction `fold_right`, et en utilisant le type de cette fonction, essayez de reprogrammer la fonction `fold_left`.

---

\* sauf peut-être la fonction `renverse`, suivant la manière dont vous l'avez programmée