

# *Programmation Fonctionnelle*

## *Introduction*

Luigi Santocanale  
LIF, Aix-Marseille Université  
Marseille, FRANCE

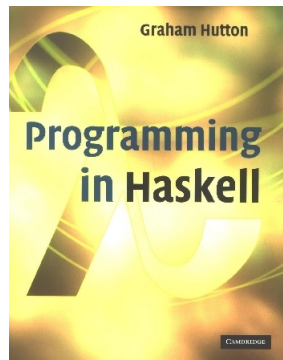
2 septembre 2014

# Plan

# Le cours

Cours basé sur le livre :

 [Graham Hutton.](#)  
*Programming in Haskell.*  
Cambridge University Press,  
2007.



# Bureaucratie

Calcul de la note finale (I session) :

$$NF = 0,7 * Examen + 0,3 * Projet$$

Attention : **on ne rattrape pas le projet.**

Calcul de la note finale (II session) :

$$NF = \max(\text{Examen}; 0,7 * \text{Examen} + 0,3 * \text{Projet})$$

Page web du cours :

[pageperso.lif.univ-mrs.fr/~luigi.santocanale/teaching/PF/](http://pageperso.lif.univ-mrs.fr/~luigi.santocanale/teaching/PF/)

# La « crise » du logiciel

Comment :

- gérer la taille et la complexité des programmes modernes ?
- réduire le temps et le coût du développement logiciel ?
- accroître notre confiance qu'un programme fonctionne correctement ?

# Langages de programmation

Une approche :

deviser des langages de programmation qui

- permettent que les programmes soient écrits clairement, à un haut niveau d'abstraction ;
- supportent des composantes logicielles réutilisables ;
- encouragent le recours à la vérification formelle ;
- permettent un prototypage rapide ;
- offrent des outils puissants pour résoudre les problèmes.

Langages de programmation fonctionnels :

*boite à outils particulièrement élégante permettant de réaliser ces objectifs.*

# Langages de programmation

Une approche :

deviser des langages de programmation qui

- permettent que les programmes soient écrits clairement, à un haut niveau d'abstraction ;
- supportent des composantes logicielles réutilisables ;
- encouragent le recours à la vérification formelle ;
- permettent un prototypage rapide ;
- offrent des outils puissants pour résoudre les problèmes.

Langages de programmation fonctionnels :

*boite à outils particulièrement élégante permettant de réaliser ces objectifs.*

## *Une autre histoire . . .*

- Langages fonctionnels développés dans le départements d'informatique théorique . . .
- (Au début) pas de succès en dehors du milieu académique
- Des idées se propagent en dehors du milieu (e.g. gestion de la mémoire)
- Récemment, intérêt renaissant pour ces langages, du à l'utilisation grandissante des langages des scripts (python, ruby, . . .).



# Qu'est ce qu'un langage fonctionnel ?

Plusieurs avis, pas de définition précise, mais (en gros) :

- la programmation fonctionnelle est un  
*style de programmation,*  
où l'étape élémentaire du calcul est  
l'application d'une fonction à ses arguments.
- un langage est fonctionnel s'il supporte et encourage ce style fonctionnel.

## Exemple

Sommation des entiers de 1 à 5 en Java :

```
total = 0;  
for (i = 1; i <= 5; ++i)  
    total = total+i;
```

*Le calcul repose sur :*

- *l'affectation des variables ;*
- *les boucles.*

## Exemple

La fonction `somme` en Haskell :

```
somme :: [Int] -> Int
somme [] = 0
somme (x:xs) = x + somme xs
```

Sommation des entiers de 1 à 5 en Haskell :

```
somme (1:2:3:4:5:[]) =
1 + somme (2:3:4:5:[]) =
1 + 2 + somme (3:4:5:[]) =
1 + 2 + 3 + somme (4:5:[]) =
1 + 2 + 3 + 4 + somme (5:[]) =
1 + 2 + 3 + 4 + 5 + somme [] =
1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 0 =
15
```

## Exemple

La fonction `somme` en Haskell :

```
somme :: [Int] -> Int
somme [] = 0
somme (x:xs) = x + somme xs
```

Sommation des entiers de 1 à 5 en Haskell :

```
somme (1:2:3:4:5:[]) =
1 + somme (2:3:4:5:[]) =
1 + 2 + somme (3:4:5:[]) =
1 + 2 + 3 + somme (4:5:[]) =
1 + 2 + 3 + 4 + somme (5:[]) =
1 + 2 + 3 + 4 + 5 + somme [] =
1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 0 =
15
```

*La méthode de calcul repose sur :*

- *l'application d'une fonction à ses arguments ;*
- *la récursion ;*
- *l'évaluation d'une **expression** vers un **valeur**.*

## Affectation des variables versus application

Considérez l'expression Haskell

```
let
    x = 3 + 4
in
    x + 5
```

On peut “lire” cette expression par :

*appliquer le résultat de l'évaluation  $3 + 5$   
à la fonction  $f$  définie par*

$$f(x) := x + 5$$

Dans les langages de programmation fonctionnels, la notion de variable, au sens usuel, “disparaît”.

# Un avant-goût de Haskell

```
f [] = []  
f (x:xs) = f ys ++ [x] ++ f zs  
  where  
    ys = [a | a <- xs, a <= x]  
    zs = [b | b <- xs, b > x]
```

- *f appliqué à la liste vide est la liste vide,*
- *f appliqué à une liste non vide est composé de trois morceaux (dans l'ordre) :*

1. *f de ys,*
2. *la tête de la liste,*
3. *f de xs,*

*où*

1. *ys est la liste des a t.q. ...*
2. *zs est la liste des b t.q. ...*

# Un avant-goût de Haskell

```
f [] = []  
f (x:xs) = f ys ++ [x] ++ f zs  
  where  
    ys = [a | a <- xs, a <= x]  
    zs = [b | b <- xs, b > x]
```

- *f* appliqué à la liste vide est la liste vide,
- *f* appliqué à une liste non vide est composé de trois morceaux (dans l'ordre) :
  1. *f* de *ys*,
  2. la tête de la liste,
  3. *f* de *xs*,

où

1. *ys* est la liste des *a* t.q. ...
2. *zs* est la liste des *b* t.q. ...



# Historique

1930s :



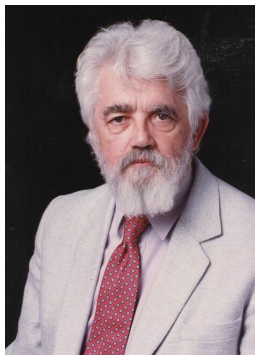
Alonzo Church développe le *lambda-calcul*, une théorie des fonctions, simple mais puissante.

1930s :



Haskell B. Curry développe la *logique combinatoire*, qui deviendra le moteur des langages fonctionnels (paresseux).

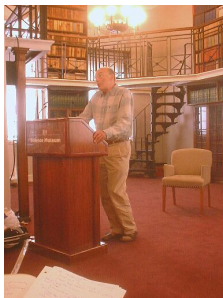
1950s :



John McCarthy développe Lisp, le premier langage fonctionnel, sous l'influence du lambda-calcul, mais en conservant l'affectation des variables.

# Historique

1960s :



Peter Landin développe ISWIM<sup>1</sup> :

- le premier langage de programmation fonctionnel pur,
- fortement basé sur le lambda-calcul,
- sans affectation de variables.

---

1. De : « *If you See What I Mean* »

1970s :



John Backus développe FP, un langage de programmation fonctionnel qui pose l'accent sur les *fonctions d'ordre supérieur* et sur l'intégration avec le raisonnement sur les programmes.

1970s :



Robin Milner et autres développent ML, le premier langage fonctionnel moderne, qui introduit l'*inférence de type* et les *types polymorphes*.

1970s - 1980s :



David Turner développe un nombre de langages fonctionnels *paresseux* (*lazy*), qui culminent dans le système Miranda (ancêtre de Haskell).

1987 :

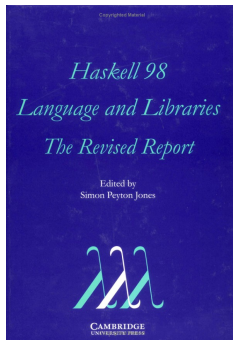
# Haskell

*A Purely Functional Language*  
featuring static typing, higher-order functions,  
polymorphism, type classes and monadic effects

Un comité international de chercheurs débute le développement de Haskell, un langage fonctionnel paresseux standard.



2003 :



Le comité publie le rapport Haskell 98, qui définit une version stable du langage.

## Les héros nationaux

1985 :



Gérard Huet et son équipe à l'INRIA développent CAM, une version du langage ML destiné à s'intégrer avec le système Coq.

Autres intervenant dans le chemin CAM->CAML->OCAML :  
Xavier Leroy, Didier Rémy, Jérôme Vouillon.