M1 MIAGE Option IFD
Cours 2 : Haskell

Alexandre Termier

2011-2012 S2

Présentation

Haskell

- Langage fonctionnel
- Pur
- Paresseux (Lazy)

Haskell B. Curry (1900-1982)

Definitions

- Programmation fonctionnelle
  - Calcul = résultat d'une fonction (au sens mathématique)
  - Pas d'états ni d'objets modifiables
  - Base : le λ-calcul
- Langage fonctionnel pur
  - Impossible de faire des "updates" sur un objet
  - $\rightarrow$ Pas de pointeurs !
- Langage fonctionnel paresseux
  - Evaluation d'un calcul uniquement si nécessaire, et au dernier moment

```
x = ...calcul très long...
affiche ( "hello world" )

lst = [0...+infini]
affiche ( 3 premiers éléments de lst )

lst2 = [2.0, 4/0, 98*1000]
affiche ( longueur lst2 )
```

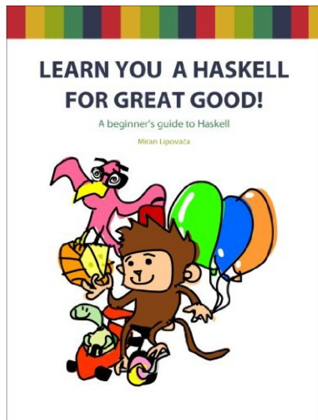
Langages fonctionnels dans l'industrie

- Ericsson $\rightarrow$ langage Erlang
  - T-Mobile
  - Nortel
  - Facebook
- OCaml
  - Applications financières
  - Programmation de robots industriels
- Haskell
  - Aéronautique
  - Programmation web
  - Google : `Haskell in industry`
- Microsoft $\rightarrow$ F#

Pourquoi Haskell ?

- Très expressif : programmes courts $\rightarrow$ prototypage
- Typage (très) fort + pur : fiable
- Tests faciles dans l'interpréteur
- Options d'optimisations via le compilateur
- Nombreuses fonctions pré-définies
- Parallélisme

Livre



Tutoriel en ligne : `http://learnyouahaskell.com`

Premier contact avec Haskell

- Notre nouvel ami : l'interpréteur Haskell
  - Execution de commandes / programmes
  - Apprendre le langage
  - Tester
  - Débugger
  - Lancé avec : `ghci`

Example (ghci)

```
$ ghci-6.12.3
GHCi, version 6.12.3: http://www.haskell.org/ghc/  :? for help
Loading package ghc-prim ... linking ... done.
Loading package integer-gmp ... linking ... done.
Loading package base ... linking ... done.
Loading package ffi-1.0 ... linking ... done.
Prelude>
```

- Prelude : "Package" de base Haskell
  - Calculs simple
  - Opérations sur les listes
  - I/O de base

ghci comme calculatrice

Example (Calculs)

```
Prelude> 30000 / 125
240.0
Prelude> it * 1.186
284.64
Prelude> let yenEuro = 125.0
Prelude> 9990 / yenEuro
79.92
Prelude> 500/yenEuro >= 75
False
```

- `let variable = expression`

Premières fonctions

Example (fonctions)

```
Prelude> let convertYenEuro prix = prix / 125
Prelude> convertYenEuro 9990
79.92
Prelude> let applyTax prix = prix * 1.186
Prelude> applyTax it
94.78511999999999
Prelude> applyTax (convertYenEuro 9990)
94.78511999999999
Prelude> applyTax $ convertYenEuro 9990
94.78511999999999
Prelude> (applyTax . convertYenEuro) 9990
94.78511999999999
```

- `let fonction paramètres = expression`
- `$` : application de fonction, `.` : composition de fonctions

Typage

- Haskell : langage fortement typé
- *Quand on connaît le type d'une fonction, on peut avoir une idée de ce qu'elle fait !*

Example (types de l'ex. précédent)

```
Prelude> :t yenEuro
yenEuro :: Double
```

Typage

- Haskell : langage fortement typé
- *Quand on connaît le type d'une fonction, on peut avoir une idée de ce qu'elle fait !*

Example (types de l'ex. précédent)

```
Prelude> :t yenEuro
yenEuro :: Double


Prelude> :t convertYenEuro
convertYenEuro :: (Fractional a) => a -> a
Prelude> :t applyTax
applyTax :: (Fractional a) => a -> a
```

Typage

- Haskell : langage fortement typé
- *Quand on connaît le type d'une fonction, on peut avoir une idée de ce qu'elle fait !*

Example (types de l'ex. précédent)

```
Prelude> :t yenEuro
yenEuro :: Double


Prelude> :t convertYenEuro
convertYenEuro :: (Fractional a) => a -> a
Prelude> :t applyTax
applyTax :: (Fractional a) => a -> a


Prelude> applyTax 15
17.79
```

Typage

- Haskell : langage fortement typé
- *Quand on connaît le type d'une fonction, on peut avoir une idée de ce qu'elle fait !*

Example (types de l'ex. précédent)

```
Prelude> :t yenEuro
yenEuro :: Double


Prelude> :t convertYenEuro
convertYenEuro :: (Fractional a) => a -> a
Prelude> :t applyTax
applyTax :: (Fractional a) => a -> a


Prelude> applyTax 15
17.79


Prelude> applyTax (15 :: Int)

<interactive>:1:1:
    No instance for (Fractional Int)
      arising from a use of `applyTax' at <interactive>:1:1-20
    Possible fix: add an instance declaration for (Fractional Int)
    In the expression: applyTax (15 :: Int)
    In the definition of `it': it = applyTax (15 :: Int)
```

Types

- `Int` : entiers (efficace)
- `Integer` : entiers, peut représenter très grands nombres, inefficace
- `Float`, `Double` : nombres réels simple et double précision
- `Char` : caractères, entre simple quotes : 'a'
- `Bool` : booléens → `True` et `False`

Classes de types (typeclass)

- `Eq` : types sur lesquels on peut tester l'égalité

Example (Eq)

```
Prelude> :t (==)
(==) :: Eq a => a -> a -> Bool
Prelude> :t (/=)
(/=) :: Eq a => a -> a -> Bool
```

- `Ord` : types sur lesquels il y a un ordre

Example (Ord)

```
Prelude> :t (<)
(<) :: Ord a => a -> a -> Bool
Prelude> :t (>)
(>=) :: Ord a => a -> a -> Bool
```

Classes de types (typeclass)

- Show : types qui peuvent être affichés dans une String par show

Example (show)

```
Prelude> :t show
show :: Show a => a -> String
Prelude> show 34.5
"34.5"
```

- Read : inverse de Show, types qu'on peut convertir à partir d'une String avec read

Example (read)

```
Prelude> :t read
read :: Read a => String -> a
Prelude> read "24" * 2
48
```

Classes de types (typeclass)

- `Num` : types qui se comportent comme des nombres.

Example (Num)

```
Prelude> :t (+)
(+) :: Num a => a -> a -> a
```

- `Integral` : types représentant les entiers : `Int` et `Integer`
- `Floating` : types représentant les réels : `Float` et `Double`

Example (fromIntegral)

```
Prelude> :t length
length :: [a] -> Int
Prelude> (length [1,2,3]) + 2.5
 --- ERREUR DE TYPE ---
Prelude> :t fromIntegral
fromIntegral :: (Integral a, Num b) => a -> b
Prelude> fromIntegral (length [1,2,3]) + 2.5
5.5
```

Condition (1/2)

Example (if...then...else...)

```
Prelude> let divDeux n = if (n `mod` 2 == 0)
                         then n `div` 2
                         else (n-1) `div` 2
Prelude> divDeux 200
100
Prelude> divDeux 201
100
```

Condition (2/2)

Example (type de if...then...else...)

```
Prelude> :t (if True then 'a' else 'b')
(if True then 'a' else 'b') :: Char

Prelude> let divDeux' n = (if (n `mod` 2 == 0)
                            then n `div` 2
                            else (n-1) `div` 2) * 10
Prelude> divDeux' 200
1000
Prelude> divDeux' 201
1000
```

Haskell et les listes

- `[...]` : définit une liste
  `[]` : liste vide

Example (liste)

```
Prelude> [1,2,3]
[1,2,3]
```

- `:` : ajoute en élément en tête de liste

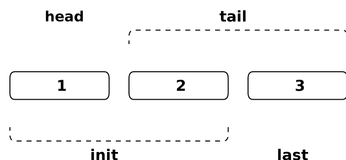
Example (ajout)

```
Prelude> 1:[2,3]
[1,2,3]
Prelude> (:) 1 [2,3]
[1,2,3]
```

- Pour Haskell, `[1,2,3] = 1\textbf{:2:3:}[]`

Listes

- Découpage d'une liste



Example (découpages)

```
Prelude> head [1,2,3]
1
Prelude> tail [1,2,3]
[2,3]
Prelude> init [1,2,3]
[1,2]
Prelude> last [1,2,3]
3
```

Listes

- ++ : ajoute deux listes

Example (ajout)

```
Prelude> [1,2,3]++[4,5,6]
[1,2,3,4,5,6]
Prelude> "Hello"++" "++"world !"
"Hello world !"

Prelude> :t (++)
(++) :: [a] -> [a] -> [a]
```

Opérations sur les listes

- `!!` : accède au ième élément

Example (!!)

```
Prelude> "Hello" !! 0
'H'
Prelude> "Hello" !! 1
'e'
Prelude> "Hello" !! 2
'l'

Prelude> :t (!!)
(!!) :: [a] -> Int -> a
```

Opérations sur les listes

- `length` : longueur d'une liste

Example (length)

```
Prelude> length [1,2,3]
3
Prelude> length "Hello"
5
Prelude> length [[],[1,2,3]]
2

Prelude> :t length
length :: [a] -> Int
```

Opérations sur les listes

- `take` : renvoie les N premiers éléments d'une liste

Example (take)

```
Prelude> take 2 [1,2,3,4,5]
[1,2]
Prelude> take 0 [1,2,3,4,5]
[]
Prelude> take 100 [1,2,3,4,5]
[1,2,3,4,5]

Prelude> :t take
take :: Int -> [a] -> [a]
```

Opérations sur les listes

- `elem` : teste la présence d'un élément dans une liste

Example (elem)

```
Prelude> 4 `elem` [1,2,3,4,5]
True
Prelude> 12 `elem` [1,2,3,4,5]
False

Prelude> :t elem
elem :: Eq a => a -> [a] -> Bool
```

Domaines (ranges en anglais)

- `[N..M]` ($N < M$) : renvoie la liste de tous les éléments entre N et M (si c'est possible)

Example (domaines)

```
Prelude> [1..10]
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]
Prelude> ['a'..'z']
"abcdefghijklmnopqrstuvwxyz"
Prelude> [10..2]
[]
```

Compréhensions de listes (1/2)

- Construction avancée de listes :
  - on spécifie les données de départ
  - on donne des conditions à vérifier
  - on donne des traitements à faire sur les valeurs obtenues

Example (compréhension de liste)

```
Prelude> let lstPrixHT = [100.0,200.0,175.0,345.0]
Prelude> [prix * 1.186 | prix <- lstPrixHT]
[118.6,237.2,207.54999999999998,409.16999999999996]

Prelude> [prix * 1.186 | prix <- lstPrixHT, prix < 200.0]
[118.6,207.54999999999998]
```

Compréhensions de listes (2/2)

- `[(x,y) | x <- liste1, y <- liste2]`
  - `(x,y)` représente alors le produit cartésien de `liste1` et `liste2`

Example (produit cartésien)

```
Prelude> let noms = ["Frodon", "Sam", "Golum"]
Prelude> let adjectifs = ["paresseux","temeraire","brave"]
Prelude> [n++" le "++a | n <- noms, a <- adjectifs]
["Frodon le paresseux","Frodon le temeraire","Frodon le brave",
"Sam le paresseux","Sam le temeraire","Sam le brave",
"Golum le paresseux","Golum le temeraire","Golum le brave"]

Prelude> [n++" le "++a | n <- noms, a <- adjectifs,
                            (n,a) /= ("Frodon","paresseux")]
["Frodon le temeraire","Frodon le brave",
"Sam le paresseux","Sam le temeraire","Sam le brave",
"Golum le paresseux","Golum le temeraire","Golum le brave"]
```

Tuples

- Ensemble de valeurs de taille fixe, types peuvent être différents

Example (tuples)

```
Prelude> let star = ("Marylin",1926)
Prelude> :t star
star :: ([Char], Integer)
Prelude> fst star
"Marylin"
Prelude> snd star
1926
```

Listes et tupes

- On peut faire des listes de tuples, par ex. `[(a,b)]`
- `zip` permet de combiner facilement deux listes en une liste de tuples

Example (zip)

```
Prelude> zip ["Marylin", "Monica", "Laeticia"]
              [1926,1964,1978]
[("Marylin",1926),("Monica",1964),("Laeticia",1978)]
```

Map

- map : appliquer une fonction à tous les éléments d'une liste

Example (map)

```
Prelude> :t map
map :: (a -> b) -> [a] -> [b]
Prelude> map (\x -> x*2) [1,2,3]
[2,4,6]
Prelude> map (*2) [1,2,3]
[2,4,6]
Prelude> map (==3) [1,2,3]
[False,False,True]
```

Fold

- `foldl` : faire une opération qui accumule tous les résultats d'une liste

Example (foldl)

```
Prelude> :t foldl
foldl :: (a -> b -> a) -> a -> [b] -> a
Prelude> foldl (+) 0 [1,2,3]
6
Prelude> foldl (\acc x -> acc * x) 1 [1,2,3,4]
24
```

Retour aux Misérables

Ouverture du fichier

```
Prelude> fichier <- readFile "../Data/LesMiserables_T1.txt"
Prelude> :t fichier
fichier :: String
```

Retour aux Misérables

Ouverture du fichier

```
Prelude> fichier <- readFile "../Data/LesMiserables_T1.txt"
Prelude> :t fichier
fichier :: String
```

Découpage en lignes

```
Prelude> :t lines
lines :: String -> [String]
```

Retour aux Misérables

Ouverture du fichier

```
Prelude> fichier <- readFile "../Data/LesMiserables_T1.txt"
Prelude> :t fichier
fichier :: String
```

Découpage en lignes

```
Prelude> :t lines
lines :: String -> [String]
```

```
Prelude> let lignesMT1 = lines fichier
Prelude> take 3 lignesMT1
["The Project Gutenberg EBook of Les mis\233rables Tome I, by Victor Hugo","",
"This eBook is for the use of anyone anywhere at no cost and with"]
```

Retour aux Misérables

Ouverture du fichier

```
Prelude> fichier <- readFile "../Data/LesMiserables_T1.txt"
Prelude> :t fichier
fichier :: String
```

Découpage en lignes

```
Prelude> :t lines
lines :: String -> [String]


Prelude> let lignesMT1 = lines fichier
Prelude> take 3 lignesMT1
["The Project Gutenberg EBook of Les mis\233rables Tome I, by Victor Hugo","",
"This eBook is for the use of anyone anywhere at no cost and with"]
```

Découpage en mots

```
Prelude>:t words
words :: String -> [String]

Prelude> let motsMT1 = words fichier
Prelude> take 10 motsMT1
["The","Project","Gutenberg","EBook","of","Les","mis\233rables","Tome","I,","by",
"Victor","Hugo","This","eBook","is","for","the","use","of","anyone"]
```

Mots suivants

Example (motSuiv)

```
-- fonction motSuiv : permet de savoir les mot qui suit un autre,
-- malgré les sauts de ligne
motSuiv :: String -> [String] -> [String]
motSuiv m [] = []
motSuiv m [_] = []
motSuiv m (x:xs) = if (x == m)
                   then ((head xs):(motSuiv m xs))
                   else (motSuiv m xs)
```

Mots suivants dans ghci

Example (motSuiv ghci)

```
:{
 let { motSuiv m [] = []
     ; motSuiv m [_] = []
     ; motSuiv m (x:xs) = if (x == m)
                          then ((head xs):(motSuiv m xs))
                          else (motSuiv m xs)
     }
:}
```

Réduire aux noms propres

Example (noms propres)

```
Prelude> :m +Text.Regex.Posix
Prelude Text.Regex.Posix> let getNomsPropres mots =
                           (map (=~ "[A-Z][a-z]*") mots)::[String]
Prelude Text.Regex.Posix> getNomsPropres $ motSuiv "Jean" motsMT1
Loading package array-0.3.0.1 ... linking ... done.
Loading package bytestring-0.9.1.7 ... linking ... done.
Loading package containers-0.3.0.0 ... linking ... done.
Loading package mtl-1.1.0.2 ... linking ... done.
Loading package regex-base-0.93.1 ... linking ... done.
Loading package regex-posix-0.94.1 ... linking ... done.

["Valjean","","Soanen","","","Valjean","Valjean",..........
```

Unicité des mots d'une liste

Example (unicité)

```
Prelude Text.Regex.Posix> let getDistincts mots =
                              Data.Set.toList $
                              foldl (\acc x -> Data.Set.insert x acc)
                                    Data.Set.empty mots
Prelude Text.Regex.Posix> getDistincts $ getNomsPropres
                                       $ motSuiv "Jean" motsMT1
["","Mathieu","Soanen","Valjean"]
Prelude Text.Regex.Posix> getDistincts $ motSuiv "Jean" motsMT1
["Mathieu","Mathieu!","Mathieu;","Mathieu?","Soanen,","Valjean",
"Valjean!","Valjean!--Jean","Valjean,","Valjean--nous","Valjean.",
"Valjean:","Valjean;","Valjean?","de","et","n'eut","peut","vous"]
```

Mieux que grep !

Example (grep)

```
$ grep -o -E 'devenu [A-Za-z]+' LesMiserables_T1.txt
devenu une
devenu millionnaire
devenu bandit
devenu riche
devenu un
devenu monsieur
devenu presque
devenu riche
devenu maire
devenu tison
devenu fou
```

Example (notre programme)

```
*Main> getDistincts $ motSuiv "devenu" motsMT1
["bandit,","capable,","fou,","maire;","millionnaire","monsieur",
"m\233chant;","presque","riche,","tison.","un","une"]
```