

# Haskell (IR3) – Listes

Stéphane Vialette

12 novembre 2018

## Question 1: Expressions de liste

- (a) Une liste s'écrit entre crochets, avec les éléments de la liste séparés par des virgules. Rappelez ce que font les opérateurs `[]`, `:` et `++`.
- (b) Évaluez les expressions de liste suivantes :
- `1:[2]`
  - `[3,4]++[1,2]`
  - `[3..10]`
  - `tail [1..4] ++ 5:[]`
  - `head [1..4] : [5]`
  - `reverse [1..4] ++ [5]`

## Question 2: Définition de fonctions sur les listes

- (a) Rappelez ce que font les fonctions `head`, `tail`, `reverse`, `length`, `drop`, `take`, `!!`, et `tails`, définie dans `prelude.hs`.
- (b) La fonction `last`, définie dans `prelude.hs`, sélectionne le dernier élément d'une liste. Simulez dans `ghci` le comportement de `last` exclusivement à l'aide des fonctions (i) `head` et `reverse`, (ii) `length` et `!!`, et (iii) `head`, `drop` et `length`.
- (c) La fonction `init`, définie dans `prelude.hs`, supprime le dernier élément d'une liste. Simulez dans `ghci` le comportement de `init` exclusivement à l'aide des fonctions (i) `take` et `length`, (ii) `tail` et `reverse` et (iii) `tails`, `reverse` et `!!`.

## Question 3: Chaînes de caractères

Un *palindrome* un mot dont l'ordre des lettres reste le même qu'on le lise de gauche à droite ou de droite à gauche, comme dans la phrase "*Ésope reste ici et se repose*".

- (a) Comment tester si un mot (*i.e.*, une chaîne de caractères sans caractère *espace*) est un palindrome ? (Accents et majuscules ne sont pas utilisés ici.)
- (b) Comment tester si une chaîne de caractères est un palindrome ? (Accents et majuscules ne sont pas utilisés ici.)
- (c) Écrire une fonction qui teste si un mot est un palindrome ? (Accents et majuscules ne sont pas utilisés ici.) Quel doit être le type de cette fonction ?
- (d) Écrire une fonction qui teste si une chaîne de caractères est un palindrome ? (Accents et majuscules ne sont pas utilisés ici.) Quel doit être le type de cette fonction ?

## Question 4: Types

- (a) Quel est le type des valeurs suivantes :
- `['a','b','c']`,
  - `[1, 2, 3]`,
  - `[['a','b'], ['c','d']]`,
  - `[['1','2'], ['3','4']]`,

```

— ('a', 'b'),
— ('a', 'b', 'c'),
— (1, 2),
— (1, 2, 3),
— [(False, '0'), (True, '1')],
— [(False, True), ('0', '1')],
— [tail, init, reverse], et
— ([tail, init, reverse], [take, drop]).

```

(b) Expliquer la session suivante :

```

Prelude Data.List> :t (head, take)
(head, take) :: ([a] -> a, Int -> [a] -> [a])
Prelude Data.List> :t [head, take]

<interactive>:1:8:
  Couldn't match type 'Int' with '[[a] -> [a]]'
  Expected type: [[a] -> [a]] -> [a] -> [a]
  Actual type: Int -> [a] -> [a]
  In the expression: take
  In the expression: [head, take]
Prelude Data.List>

```

### Question 5: Fonctions

Considérons les fonctions suivantes :

1. `second xs = head (tail xs),`
2. `appl (f, x) = f x,`
3. `pair x y = (x, y),`
4. `mult x y = x * y,`
5. `double = mult 2,`
6. `palindrome xs = reverse xs == xs,`
7. `twice f x = f (f x),`
8. `incrAll xs = map (+1) xs,` et
9. `norme xs = sqrt (sum (map f xs)) where f x = x^2.`

- (a) Calculez les types de ces fonctions, en n'oubliant pas les contraintes de classe.
- (b) Quelles sont les fonctions à deux arguments ? Si une telle fonction n'est pas en forme curriifiée, donnez une définition équivalente qui soit en forme curriifiée.
- (c) Quelles sont les fonctions d'ordre supérieur ?
- (d) Quelles sont les *fonctions polymorphes* ?

### Question 6: Compréhensions de listes

- (a) À l'aide d'une compréhension de liste, calculer la liste de tous entiers positifs impairs.
- (b) À l'aide d'une compréhension de liste, calculer la liste de carrés des entiers pairs (*i.e.*, les entiers  $i^2$  pour  $i = 2, 4, \dots$ ).
- (c) À l'aide d'une compréhension de liste, calculer la liste des paires d'entiers  $(n, m)$ ,  $1 \leq n \leq m \leq 100$  et  $\sum_i^n i = m$ .

- (d) En arithmétique, un *nombre parfait* est un entier naturel  $n$  tel que  $\sigma(n) = 2n$  où  $\sigma(n)$  est la somme des diviseurs positifs de  $n$ . Cela revient à dire qu'un entier naturel est parfait s'il est égal à la moitié de la somme de ses diviseurs ou encore à la somme de ses diviseurs stricts. Ainsi 6 est un nombre parfait car  $2 \times 6 = 12 = 1 + 2 + 3 + 6$ , ou encore  $6 = 1 + 2 + 3$ . Les trois premiers nombres parfaits sont
- $6 = 1 + 2 + 3$ ,
  - $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$ , et
  - $496 = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 31 + 62 + 124 + 248$ .
- À l'aide d'une compréhension de liste, calculer la liste des nombres parfaits (et, par exemple, donner le quatrième; indice il s'agit de 8128). Existe-t-il un nombre parfait impair ?
- (e) En arithmétique, deux nombres entiers distincts  $n$  et  $m$  sont dits *amicaux* (ou *aimables* ou *amiables*) si la somme des diviseurs de l'un est égale à la somme des diviseurs de l'autre et si ces deux sommes sont égales à la somme des deux nombres. Cette propriété se traduit par  $\sigma(n) = \sigma(m) = n + m$ . On exclut le cas  $n = m$ , qui correspondrait à un nombre parfait. Par exemple 220 et 284 sont amicaux car
- $220 + 284 = 504$ ,
  - $\sigma(220) = 1 + 2 + 4 + 5 + 10 + 11 + 20 + 22 + 44 + 55 + 110 + 220 = 504$  et
  - $\sigma(284) = 1 + 2 + 4 + 71 + 142 + 284 = 504$ .
- À l'aide d'une compréhension de liste, calculer la liste des paires  $(n, m)$ ,  $1\,000 \leq n < m < 1\,300$ , de nombres amicaux.

### Question 7: Fonctions simples

- (a) Écrire une fonction permettant de compter le nombre d'éléments dans une liste (sans utiliser `length` bien sûr!).
- (b) Écrire une fonction permettant de renverser une liste (sans utiliser `reverse` bien sûr!).
- (c) Écrire une fonction permettant de calculer le nombre de voyelles dans une chaîne de caractères. (Nous ne préoccuons pas des accents).
- (d) La fonction `splitAt` de type `Int -> [a] -> ([a], [a])` retourne un couple de listes obtenu en cassant une liste à une position donnée.

```
*Main> :t splitAt
splitAt :: Int -> [a] -> ([a], [a])
*Main> splitAt 0 [1..10]
([], [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10])
*Main> splitAt 5 [1..10]
([1,2,3,4,5], [6,7,8,9,10])
*Main> splitAt 10 [1..10]
([1,2,3,4,5,6,7,8,9,10], [])
*Main> splitAt 3 []
([], [])
*Main>
```

Proposez une implémentation de `splitAt`.

- (e) La *suite de Fibonacci* est une suite d'entiers dans laquelle chaque terme est la somme des deux termes qui le précèdent. Elle commence généralement par les termes 0 et 1 (parfois 1 et 1) et ses premiers termes sont : 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ... (suite A000045 de l'OEIS (On-Line Encyclopedia of Integer Sequences)). Écrire une fonction `fibonacci` de type `fib :: (Num a1, Num a, Eq a) => a -> a1` permettant de calculer un terme de la suite de fibonacci.

- (f) Écrire les fonctions `oddElements` et `evenElements` qui retournent les listes constituées des éléments en positions impairs et pairs, respectivement.

```
Prelude> :l "Elements"
[1 of 1] Compiling Main ( Elements.hs, interpreted )
Ok, modules loaded: Main.
*Main> :t oddElements
oddElements :: [t] -> [t]
*Main> :t evenElements
evenElements :: [t] -> [t]
*Main> oddElements []
[]
*Main> oddElements [1]
[1]
*Main> oddElements [1..10]
[1,3,5,7,9]
*Main> evenElements []
[]
*Main> evenElements [1]
[]
*Main> evenElements [1..10]
[2,4,6,8,10]
*Main>
```

- (g) Considérons le programme `Take.hs` qui propose deux implémentations de la fonction `take` :

```
take' 0 _      = []
take' _ []     = []
take' n (x:xs) = x : take' (n-1) xs

take'' _ []    = []
take'' 0 _     = []
take'' n (x:xs) = x : take'' (n-1) xs
```

Discuter des deux implémentations.

### Question 8: ghci

Considérons le programme `OddEven.hs` suivant :

```
even' 0 = True
even' n = odd' (n - 1)

odd' 0 = False
odd' n = even' (n - 1)
```

Ouvrons une session ghci :

```
Prelude> :l "OddEven"
[1 of 1] Compiling Main ( OddEven.hs, interpreted )
Ok, modules loaded: Main.
*Main> :break even'
Breakpoint 0 activated at OddEven.hs:(1,1)-(2,21)
*Main> :break odd'
Breakpoint 1 activated at OddEven.hs:(4,1)-(5,20)
*Main> :set stop :list
*Main> even' 4
Stopped at OddEven.hs:(1,1)-(2,21)
_result :: Bool = _
1 even' 0 = True
2 even' n = odd' (n -1)
3
[OddEven.hs:(1,1)-(2,21)] *Main> :step
Stopped at OddEven.hs:2:11-21
_result :: Bool = _
n :: Integer = 4
1 even' 0 = True
2 even' n = odd' (n -1)
3
[OddEven.hs:2:11-21] *Main> :step
Stopped at OddEven.hs:(4,1)-(5,20)
_result :: Bool = _
3
4 odd' 0 = False
5 odd' n = even' (n-1)
[OddEven.hs:(4,1)-(5,20)] *Main>
```

Que se passe-t-il? La lecture de [https://downloads.haskell.org/~ghc/7.8.3/docs/html/users\\_guide/ghci-debugger.html](https://downloads.haskell.org/~ghc/7.8.3/docs/html/users_guide/ghci-debugger.html) est -plus- que conseillée.