# *Sommes et exceptions*

*Types sommes*

*exemples*

# Types sommes, exemples

- définition

```
type bst = Noeud of int * bst * bst | Feuille
let singleton = fun k -> Noeud(k,Feuille,Feuille)
let arbre = Noeud(34, singleton 12, singleton 45)
```

- utilisation

```
let rec taille = function
 | Feuille -> 0
 | Noeud (_,a1,a2) -> taille a1 + taille a2 + 1

let rec taille a acc = match a with
 | Feuille -> acc
 | Noeud (_,a1,a2) -> taille a1 (taille a2 (acc+1))
```

- DÉMO `some_trees.ml`

*à regarder chez vous*

# Les listes en OCaml

- un cas particulier de type somme, tellement fréquent qu'il est *'cablé en dur'* dans le langage (tradition des langages déclaratifs)
- liste vide: `[]` ajout d'un élément en tête: `::`
  constructeurs "nil" et "cons"
- une liste n'est pas un tableau, c'est *une pile*
  (moyen d'accès privilégié)
- concaténer deux listes: `@`
  pourquoi ne peut-on pas écrire `match l with | l1@l2 -> ...` ?
- filtrage sur les listes: `[]`, `x::xs`, et aussi `[x]`, `[x;y]`,...
- librairie `List` (`map`, `flatten`, `fold_left`, `fold_right`,...)

# Constructeurs, application

- `Feuille`, `Noeud` sont des *constructeurs*
- application d'une fonction $\neq$ application d'un constructeur
  - application d'une fonction: ça calcule
    `(fun x -> x^x) "cou"`
  - application d'un constructeur: on "plaque" le constructeur
    `Noeud (3,Feuille,Feuille)`
- `type toto = ...| C of t |...`

  `C` envoie de manière univoque un `t` dans `toto`
  `C` est une injection de `t` dans `toto`

*(un peu) formellement*

# Définition d'un type somme

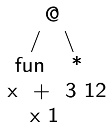
- un type peut être vu comme un *ensemble de valeurs*
  - un type somme emblématique: les entiers de Peano

    ```
    type nat = Zero | Succ of nat
    ```
  - à un type somme correspond une *définition inductive*
    - les entiers naturels sont le plus petit ensemble contenant 0 et clos par successeur
    - les listes. . . nil. . . cons
    - . . .
- mécanisme de filtrage:
  - les constructeurs décrivent les éléments d'un ensemble de valeurs de manière *exhaustive* et *univoque*
  - lien de parenté avec la preuve par récurrence

# Expressions, termes, valeurs

- une *expression* (un programme) est représentée par un terme
  - que l'on peut dessiner comme un arbre

`(fun x -> x+1) (3*12)`




- une *valeur* est une expression qu'on ne peut plus réduire

  valeurs $\subseteq$ expressions

  - `2, true, "coucou", [], ...`
  - `fun x -> 3*2*x`
  - `Noeud(3,Feuille,Feuille)`

# Le filtrage, plus formellement

- lors du filtrage, on compare une *valeur* avec un "terme avec des trous", que l'on appelle un *motif*
  - valeur: `Noeud(12, Noeud(3,Feuille,Feuille), Feuille)`
  - motif: `Noeud(k,a1,a2)`
    - les "trous" sont des *variables*: `k`, `a1`, `a2`
    - *variable* ici signifie 'inconnue'
      $\neq$ variable dans un programme ('variable x initialisée à 0')
- lorsque le filtrage réussit, il engendre une *substitution*
  - `k` $\longleftarrow$ `12`, `a1` $\longleftarrow$ `Noeud(3,Feuille,Feuille)`, `a2` $\longleftarrow$ `Feuille`
  - substitution: fonction des variables vers les valeurs
- lorsque l'on écrit `function x->x+1`, on utilise le motif 'trivial' `x`

# Types somme, suite

rappels

- les constructeurs sont des injections vers le type somme que l'on définit
- appliquer un constructeur $\neq$ appliquer une fonction
- pour filtrer, on compare une valeur avec un motif
- lexique

termes variables *variable liée* motifs substitution

# Motifs

- le premier motif qui filtre est sélectionné
- "_" est le motif "universel" *(wildcard)*
  `| _ ->` *dans tous les autres cas*
  `let is_zero n = match n with | (Succ _) -> false | _ -> true`
- attention aux filtrages imbriqués (utiliser `begin...end`)
- `Warning: this pattern-matching is not exhaustive.`
  et `Uncaught exception: Match_failure` (fonction non totale)
- filtrage "implicite" avec les produits

# Autres motifs

- linéarité des variables: `| Add (e,e) -> ...` interdit
- destructurer tout en nommant le tout: `as`

```
let f = function
 | (a,b,c,d) as q -> if a<0 then (0,0,0,0) else q
```

- contraintes ajoutées: `when`

```
let f = function
 | (a,b,c,d) when (a<0) -> (0,0,0,0)
 | q -> q
```

# Filtrage – des exemples

```
 # let f = function x when x = x -> true;;
Warning:  Bad style, all clauses in this pattern-matching are guarded.
val f :  'a -> bool = <fun>

# let _::_::l = [1;3;5;7;9];;
Warning:  this pattern-matching is not exhaustive.
Here is an example of a value that is not matched:
[]
val l :  int list = [5; 7; 9]

# let l1@l2 = l;;
Syntax error

# let [x;y] = l;;
Warning:  this pattern-matching is not exhaustive.
Here is an example of a value that is not matched:
[]
Exception:  Match_failure ("", 2, -13).
```

# Pragmatiquement (cf. plus tard)

manipulation intensive des types somme

```
let li = [3;2;52]
let li' = List.tl li
let li'' = List.map (fun x -> 2*x) li'

let rec somme acc = function
 | [] -> acc
 | x::xs -> somme (acc+x) xs
```

beaucoup d'opérations ont lieu 'sous le tapis'

# Un modèle “lisse”

- jusqu’ici tout va bien:
  - ▷ toutes les fonctions renvoient un résultat
  - ▷ l’ordre dans lequel on fait les calculs n’importe pas
  - ▷ on n’a pas à “voir” la mémoire
- mais il y a parfois besoin de s’écarter d’une vision si uniforme
  - ▷ fonctions non totales
  - ▷ questions d’efficacité
  - ▷ données à portée globale
  - ▷ “réalisme”

# Fonctions partielles

`head [] ??`　　　　`tail [] ??`

- utiliser le type somme `option`

```
type 'a option = None | Some of 'a
```

```
let head = function
| x::_ -> Some x
| [] -> None
```

  - pour: présentation "mathématique", uniformité du calcul
  - contre: on passe son temps à "empaqueter et dépaqueter"

```
let t0 = head l in
  let t = (match t0 with | Some x -> x | _ -> 0) in ...
```

- ce qu'on veut, c'est dire qu'il y a quelque chose qui cloche *et "renvoyer une erreur"*

# Lever et rattraper des exceptions

- un type somme *extensible*: `exn`
- ajouter un constructeur: `exception Paf;;`

```
exception Paf;;
exception Pif;;
let f b = if b then Paf else Pif;;
val f : bool -> exn = <fun>
```

```
raise : exn -> 'a
```

- `raise` a pour effet de court-circuiter le flot ‘normal’ des appels de fonctions (un saut dans la pile des appels)
- `try...with`: rattraper une exception
- exemple: recherche dans une liste, un arbre

  DÉMO `excep.ml`

# Revenons à la sûreté du typage

- rappel: *subject reduction*

$$\frac{\text{type}}{\text{expression} \xrightarrow{\text{calcul}} \text{valeur}}$$

*si $e$ a le type $t$ et s'évalue en $v$, alors $v$ a le type $t$*

```
let boum x = raise Paf;;   boum : 'a -> 'b = <fun>
let rec loop x = loop x;;   loop : 'a -> 'b = <fun>
```

$\longrightarrow$ quel est le problème?

- une fonction $\mathcal{F}$ de type `'a -> 'b` permet de convertir n'importe quoi en n'importe quoi: $3+\underbrace{\mathcal{F}(2)}_{\texttt{bool}} \longrightarrow$ ??
- ... mais `boum` et `loop` ne produisent pas de valeur: *ouf*

# Exceptions dans d'autres langages

- ça, c'était le point de vue OCaml sur les exceptions
- en JAVA: *objets* exception (qui héritent de la classe `Throwable`), proches dans le principe

| | |
|---|---|
| `raise` | `throw` |
| `try...with` | `try...catch` |

- dans d'autres langages, notion de flot d'exécution

**control flow** *(or "flow of control"): The sequence of execution of instructions in a program. This is determined at run-time by the input data and by the control structures (e.g. "if" statements) used in the program.* $\longrightarrow$ *"par où passe le calcul"*

# Exceptions dans d'autres langages, suite

- en Fortran, Basic (et C)

```
⋮
goto 911
⋮
911:  ...
```

- en C

`return 0;` sort de la fonction
`exit(0);` sort du programme (↔ `return 0;` dans le `main`)
`break;` arrête l'instruction `for` courante (idem `while`, `do`)
`continue;` passe à l'itération suivante dans un `for`, `while`, `do`

*toutes ces instructions "dévient" le flot*