Programmation fonctionnelle avec OCaml
TP 4

Objectifs :
- Manipulation de listes fonctionnelles.
- Modularité : fichiers d'interfaces, compilation séparée, alias de module.
- Parcours de structure de données récursive avec un conteneur.

1 File d'attente fonctionnelle

On pourrait utiliser une liste pour représenter une file d'attente (structure de données *First In, First Out* ou FIFO). L'opération d'ajout d'un élément consiste alors à le concaténer en fin de liste, et l'opération de retrait à récupérer la tête de liste (ou l'inverse). Cependant, l'opération d'ajout est très coûteuse puisqu'il faut parcourir la liste entièrement (complexité linéaire à chaque ajout).

On peut améliorer la **complexité amortie** (i.e. la complexité d'une *séquence* d'opérations d'ajout et de retrait sur la file) avec la technique suivante :
- la file est constituée de **deux** listes désignées `Entrée` et `Sortie` ;
- l'ajout d'un élément à la file consiste à l'ajouter en tête de la liste `Entrée` ;
- le retrait d'un élément de la file consiste à retirer l'élément **en tête** de la liste `Sortie` **si elle n'est pas vide**, sinon il faut inverser la liste `Entrée`, puis remplacer la liste `Sortie` par cette liste inversée et enfin remplacer la liste `Entrée` par la liste vide – on peut ensuite retirer l'élément en tête de la liste `Sortie` comme dans le cas où elle n'est pas vide.

On obtient ainsi une structure de données avec ajout et retrait en temps constant, sauf quand la liste `Sortie` devient vide (et dans ce cas l'opération de renversement de la liste a une complexité linéaire). Pour une séquence arbitraire de n ajouts et de n retraits, on aura besoin d'inverser la liste `Entrée` à chaque fois que `Sortie` est vide : chaque inversion prend un temps linéaire avec la taille de `Sortie`, et la somme de ces temps d'inversion est proportionnelle à n. La **complextié amortie** de chaque opération est donc **constante**.

1. Définir le type `t` des files d'attente contenant n'importe quel type de donnée à l'aide d'un **tuple** dans un fichier `fifo.ml`.
2. Définir une exception indiquant qu'une file est vide.
3. Définir la file vide `empty`.
4. Définir la fonction `is_empty` qui prend en paramètre une file et renvoie un booléen.
5. Définir la fonction `add` d'ajout d'un élément dans la file qui prend un élément et une file en paramètres et renvoie la nouvelle file.
6. Définir la fonction `take` qui prend une file en paramètre et renvoie l'élément en tête de file **et** la nouvelle file. On lèvera l'exception définie précédemment si la file est vide.
7. Écrire le fichier d'interface `.mli` correspondant **en cachant l'implémentation** du type des files (*type abstrait*).

2 Pile fonctionnelle

Réutiliser l'implémentation de pile fonctionnelle vue en cours (p. 114) en changeant le nom de la fonction `pop` en `take`.

Dans les fichiers d'implémentation `lifo.ml` et d'interface `lifo.mli` :

1. Ajouter la fonction `add`.
2. Ajouter la fonction `is_empty`.
3. Ajouter la fonction `size`.

Les modules `Fifo` et `Lifo` doivent posséder la même interface (hormis la fonction `size`).

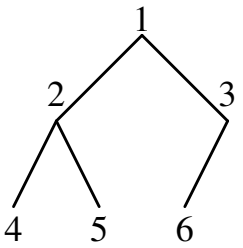
3 Utilisation des files et des piles

On va parcourir une structure d'arbre binaire en utilisant soit une file soit une pile.

1. Dans un nouveau fichier `tree.ml`, définir le type des arbres binaires constitués soit d'un nœud associé à une donnée quelconque, soit de l'arbre vide.
2. On peut accéder à un module `X` à l'aide d'un **alias** avec la notation suivante :

   ```
   module M = X
   ```

   Renommer le module `Fifo` en `Set`.
3. Écrire la fonction `iter: ('a -> unit) -> 'a t -> unit` sur les arbres binaires (équivalente à la fonction `List.iter: ('a -> unit) -> 'a list -> unit` sur les listes) en les parcourant à l'aide de la structure de conteneur (de type `'a Set.t`) fournie par le module `Set` :
   — on initialise le conteneur en ajoutant la racine de l'arbre au conteneur vide ;
   — si le conteneur n'est pas vide, on en retire un nœud, on traite la donnée associée à l'aide de la fonction passée en paramètre à `iter` (e.g. avec `let () = f x in ...`) puis on appelle récursivement l'itérateur sur le conteneur dans lequel on aura ajouté au préalable les fils gauche et droit du nœud traité.
4. Appliquer cet itérateur à l'arbre suivant :

   pour afficher l'entier contenu à chaque nœud.
5. Utiliser le module `Lifo` à la place du module `Fifo` et comparer les résultats obtenus.