

# Structure de Données

## Pile, File

Marie Pelleau  
[marie.pelleau@unice.fr](mailto:marie.pelleau@unice.fr)

Semestre 3

## Pile

- Une pile (en anglais *stack*) est une structure de données fondée sur le principe “dernier arrivé, premier sorti” (ou LIFO pour *Last In, First Out*)
- Les derniers éléments ajoutés à la pile seront les premiers à être récupérés

### Exemple

- Pile d'assiettes : on ajoute des assiettes sur la pile, et on les récupère dans l'ordre inverse, en commençant par la dernière ajoutée
- Pile de crêpes

## Plan

- 1 Pile
- 2 File
- 3 Deque
- 4 Queue de priorité

## Pile

### Opérations

- **Sommet**(P) : renvoie le dernier élément ajouté et non encore retiré : le sommet (*top*)
- **Empiler**(P, elt) : comme insérer, place l'élément au sommet de la pile P (*push*)
- **Désempler**(P) : comme supprimer, retire de la pile le sommet (*pop*)
- **estVide**(P) : renvoie vrai si la pile est vide et faux sinon (*empty*)

## Pile

- On considérera qu'à l'instar d'un tableau, une pile passée en paramètre est systématiquement passée en entrée/sortie
- Une pile passée en paramètre sera globalement modifiée si elle est localement modifiée
- **Déempiler**(P) : modifie effectivement la pile P

## Pile

Une des structures de données les plus fondamentales en informatique : très simple et puissante

### Exemple

Langages de programmation compilés, pour chaque fonction la pile contient

- Les paramètres d'appel des procédures ou fonctions
- Les variables locales
- Le point de retour

## Pile

Une des structures de données les plus fondamentales en informatique : très simple et puissante

### Exemple

La plupart des microprocesseurs gèrent nativement une pile. X86 :

- Le registre ESP sert à indiquer l'adresse du sommet d'une pile dans la RAM
- Les opcodes "PUSH" et "POP" permettent respectivement d'empiler et de déempiler des données
- Les opcodes "CALL" et "RET" utilisent la pile pour appeler une fonction et la quitter par la suite en retournant à l'instruction suivant immédiatement l'appel
- En cas d'interruption, les registres EFLAGS, CS et EIP sont automatiquement empilés

## Pile

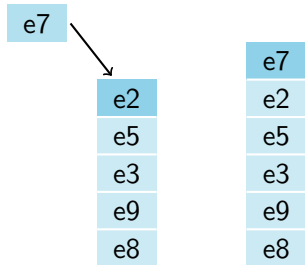
### Utilisation

- La fonction "Annuler la frappe" (en anglais *Undo*) mémorise les modifications apportées au texte dans une pile
- Parseur d'expressions XML, des pages web
- Un algorithme de recherche en profondeur dans un graphe utilise une pile pour mémoriser les nœuds visités
- Les algorithmes récursifs utilisent implicitement une pile d'appels

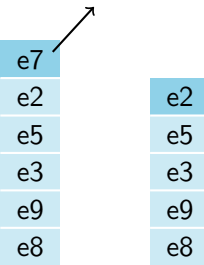
## Pile

## Représentation

Empiler e7



Désempiler



## Pile

## Vérification expression XML

```

On rencontre une balise
si ( balise de début ) {
    on l'empile
}
si ( balise de fin ) {
    si ( sommet correspond à la balise de début ) {
        on désempile
    } sinon {
        erreur
    }
}

```

## Pile

## Vérification expression XML

```

<livre>
  <chapitre>
    <section>
    <\section>
    <section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
    <\section>
    <section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
    <\section>
  <\chapitre>
<\livre>

```

Balise de début

Balise de fin

Doit être bien équilibré !

## Pile

## Vérification expression XML

```

<livre>
  <chapitre>
    <section>
    <\section>
    <section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
    <\section>
    <section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
    <\section>
  <\chapitre>
<\livre>

```

chapitre

livre

## Pile

### Vérification expression XML

```

<livre>
  <chapitre>
    <section>
    <\section>
    <section>
      <sous-section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
    <\section> PROBLÈME ICI
    <section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
      <sous-section>
      <\sous-section>
    <\section>
  <\chapitre>
<\livre>

```

chapitre

livre

## Pile

### Implémentation

- À l'aide de tableaux (stack overflow)
- À l'aide de listes chaînées

## Pile

### Vérification expression XML

```

booléen textOk(textXML) {
  P ← CréerPile()
  pour (chaque balise b) {
    si (b est une balise de début) {
      Empiler(P, b)
    } sinon {
      b' ← Sommet(P)
      si (b' n'est pas la balise de début de b) {
        erreur("b et b' incompatibles")
        retourner faux
      } sinon {
        Désempiler(P)
      }
    }
  }
  si (estVide(P)) {
    retourner vrai
  } sinon {
    retourner faux
  }
}

```

## Pile

### Implémentation par un tableau

#### Une structure composée

- un tableau (T)
- taille courante (s)

#### Opérations

- **Créer**(P, n) : créer P.T de taille n; P.s ← 0
- **Sommet**(P) : retourner P.T[P.s]
- **Empiler**(P, elt) : P.s ← P.s + 1; P.T[P.s] ← elt
- **Désempiler**(P) : P.s ← P.s - 1
- **estVide**(P) : retourner P.s = 0

#### Attention

- **Désempiler**(P) : P.s ne doit pas devenir négatif
- **Empiler**(P, elt) : stack overflow = dépassement de la taille de T

## Plan

- 1 Pile
- 2 File
- 3 Deque
- 4 Queue de priorité

## File

### Opérations

- **Début**(F) : renvoie le premier élément ajouté et non encore retiré : le début ou le premier (*front*)
- **Enfiler** (F, elt) : comme insérer, place l'élément à la fin de la file F (*enqueue*)
- **Dé filer** (F) : comme supprimer, retire de la file le premier (*dequeue*)
- **estVide**(F) : renvoie vrai si la file est vide et faux sinon (*empty*)

## File

- Une **file** (en anglais *queue*) est une structure de données basée sur le principe "premier arrivé, premier sorti", en anglais FIFO (*First In, First Out*),
- Les premiers éléments ajoutés à la file seront les premiers à être récupérés
- Le fonctionnement ressemble à une file d'attente : les premières personnes à arriver sont les premières personnes à sortir de la file

### Exemple

- Une file d'attente : les premières personnes à arriver sont les premières personnes à sortir de la file

## File

- On considérera qu'à l'instar d'un tableau ou d'une pile, une file passée en paramètre est systématiquement passée en entrée/sortie
- Une file passée en paramètre sera globalement modifiée si elle est localement modifiée
- **Dé filer** (F) : modifie effectivement la file F

## File

Application principale : les **buffers** (mémoire tampon = espace de mémorisation temporaire)

### Utilisation

- Les serveurs d'impression, qui doivent traiter les requêtes dans l'ordre dans lequel elles arrivent, et les insèrent dans une file d'attente
- Certains moteurs multitâches, dans un système d'exploitation, qui doivent accorder du temps-machine à chaque tâche, sans en privilégier aucune
- Un algorithme de parcours en largeur d'un graphe utilise une file pour mémoriser les nœuds visités

## File

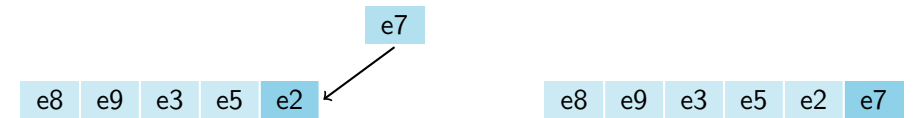
### Implémentation

- À l'aide de tableaux ?
- À l'aide de listes chaînées

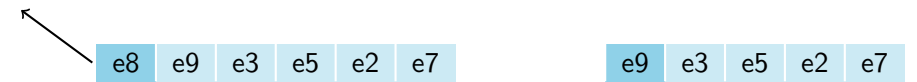
## File

### Représentation

#### Enfiler e7



#### Défiler



## File

### Implémentation par un tableau

#### Opérations

- **Enfiler** (F, elt) : on met après le dernier
- **Défiler** (F) : on retire le premier, le tableau se décale vers la droite

#### Exemple

	2	3			
Enfiler 4	2	3	4		
Défiler		3	4		
Enfiler 1		3	4	1	
Défiler			4	1	

- On doit gérer un début et une fin de tableau
- Que faire lorsqu'on atteint la borne droite ?  $\Rightarrow$  On devient circulaire

## File

### Implémentation

- Le concept de mémoire tampon circulaire (i.e. tableau dont les extrémités coïncident logiquement)
- Une file est implémentée par une mémoire tampon circulaire
- Physiquement on garde la structure de tableau, mais on considère que l'indice suivant le dernier (i.e.  $n$ ) est 1 (celui du début) et que l'indice précédant le premier (i.e. 1) est la fin (i.e.  $n$ )
- On utilisera un indice de début ( $d$ ) et un indice de fin ( $f$ )

## File

### Implémentation par un tableau

### Opérations

- **Début**( $F$ ) : retourner  $F.T[F.d]$
- **Enfiler** ( $F$ ,  $elt$ ) :  $F.T[F.f] \leftarrow elt$ ;  $F.f \leftarrow \text{incrémenter}(F.f)$
- **Défiler** ( $F$ ) :  $F.d \leftarrow \text{incrémenter}(F.d)$
- **estVide**( $F$ ) : retourner  $F.d = F.f$
- **estPlein** ( $F$ ) : retourner  $F.d = \text{incrémenter}(F.f)$

### Attention

- **Défiler** ( $F$ ) : la file ne doit pas être vide
- **Enfiler** ( $F$ ,  $elt$ ) : la file ne doit pas être pleine

## File

### Une structure composée

- un tableau ( $T$ )
- début ( $d$ ) et fin ( $f$ ) du tableau

### Implémentation

- Au début  $d = f = 1$
- Quand on ajoute un élément on le met à la place de  $f$  et on incrémente  $f$
- Quand on supprime un élément on incrémente  $d$ 

```

incrémenter(x) {
  si (x = n) {
    retourner 1
  }
  sinon {
    retourner x + 1
  }
}

```
- On laissera aussi une case vide

## Plan

- 1 Pile
- 2 File
- 3 Deque
- 4 Queue de priorité

## Deque

- Une **double-ended queue** (abrégé *deque* et prononcé “deck”) est une structure de données qui implémente une file pour laquelle les éléments peuvent être ajoutés au début et en fin
- Elle est souvent appelée **head-tail linked list**

## Deque

- On considérera qu'à l'instar d'un tableau, d'une pile, ou d'une file, une deque passée en paramètre est systématiquement passée en entrée/sortie
- Une deque passée en paramètre sera globalement modifiée si elle est localement modifiée
- **pop\_front**(D) : modifie effectivement la deque D

## Deque

## Opérations

- **front**(D) : retourne le premier
- **push\_front**(D,elt) : ajoute au début
- **pop\_front**(D) : supprime le premier
- **back**(D) : retourne le dernier
- **push\_back**(D,elt) : ajoute en fin
- **pop\_back**() : supprime le dernier
- **estVide**(D) : retourne vrai si la deque est vide et faux sinon (*empty*)

## Deque

## Implémentation

- À l'aide de tableaux
- À l'aide de listes chaînées



# Plan

- 1 Pile
- 2 File
- 3 Deque
- 4 Queue de priorité

# Queue de priorité

- En informatique, une **queue de priorité** est un type abstrait élémentaire qui manipule des éléments, chacun ayant une clé, sur laquelle on peut effectuer trois opérations :
  - insérer un élément
  - lire puis supprimer l'élément ayant la plus grande clé
  - tester si la queue de priorité est vide ou pas.
- On ajoute parfois à cette liste l'opération
  - augmenter la clé d'un élément

# Queue de priorité

- Une des structures de données les plus étudiées
- A donné naissance à des tas de structures de données très complexes (vraiment **très** complexes)
- Souvent on impose que la queue soit monotone
  - La valeur du maximum ne fait que décroître
  - La valeur du minimum ne fait que croître

# Queue de priorité

## Implémentation

Une des implémentations les plus souples est d'utiliser un tas binaire

- Augmenter ou diminuer la clé est possible
- On peut ajouter des éléments
- On peut demander le maximum (ou le minimum)
- Toutes les opérations sont en  $O(\log(n))$