ITI 1521. Introduction à l'informatique II

Implémentation d'une file à l'aide d'un **tableau circulaire**

by

Marcel Turcotte

Version du 8 mars 2020

Préambule

Préambule

Aperçu

Aperçu

Implémentation d'une file à l'aide d'un tableau circulaire

Nous considérons ici l'implémentation d'une file à l'aide d'un tableau. Tout comme pour les piles, nous nous attendons à ce que la taille du tableau s'accroisse dynamiquement, selon les besoins de l'application. Cependant, nous découvrirons que l'implémentation n'est pas aussi simple qu'il y parait.

Objectif général :

- Cette semaine, vous serez en mesure d'implémenter une file à l'aide d'un tableau circulaire.

Préambule

Objectifs d'apprentissage

Objectifs d'apprentissage

- **Implémenter** une file à l'aide d'un tableau circulaire.
- **Comparer** les implémentations à l'aide de tableaux et d'éléments chaînés d'une file.

Lectures :

- Pages 189-194 de E. Koffman et P. Wolfgang.

Préambule

Plan du module

Plan

Aide-mémoire

Définitions

Une **file** (*queue*) est un **type abstrait de données** linéaire tel que l'ajout de données se fait à une extrémité, l'**arrière** (*rear*) de la file, et le retrait à l'autre, l'**avant** (*front*).
Ces structures de données sont dites FIFO : *first-in first-out*.

`enqueue()` ⇒ Queue ⇒ `dequeue()`

Les deux opérations de base sont :

enqueue : l'**ajout** d'un élément à l'**arrière** de la file,

dequeue : le **retrait** d'un élément à l'**avant** de la file.

⇒ Les files sont donc des structures de données semblables aux files d'attente au supermarché, à la banque, au cinéma, etc.

Interface Queue

```
public interface Queue<E> {
    boolean isEmpty();
    void enqueue(E o);
    E dequeue();
}
```

Implémentation

Implémentation

Variables d'instance

Implémentation à l'aide d'un tableau

```
public class ArrayQueue<E> implements Queue<E> {

    private E[] elems;

    public boolean isEmpty() { ... }
    public void enqueue(E o) { ... }
    public E dequeue() { ... }

}
```

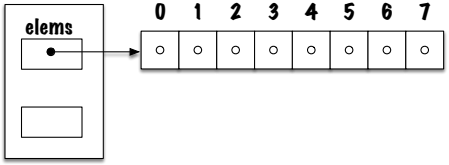
- **Suggestions** pour la ou les **variables d'instance** supplémentaire ?

Implémentation

Implémentation 1

Implémenter une file à l'aide d'un tableau

Implémentation 1. L'**avant** de la file est **fixe**, en position 0 par exemple, et on utilise une variable qui pointe vers l'arrière de la file, **rear**.



$\Rightarrow$ Contrairement à l'implémentation des piles, l'implémentation des files à l'aide de tableaux va causer **certains problèmes**.

Implémentation à l'aide d'un tableau

```
public class ArrayQueue<E> implements Queue<E> {

    private E[] elems;
    private int rear;

    public boolean isEmpty() { ... }
    public void enqueue(E o) { ... }
    public E dequeue() { ... }

}
```

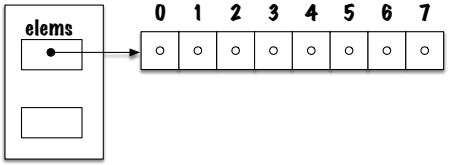
Remarques

- Tout comme nous l'avons fait pour les piles, nous pourrions :
  - Faire pointer **rear** vers la **première cellule libre** ou la **cellule où se trouve l'élément arrière** ;
  - Lors du retrait d'un élément, il fraudra mettre la valeur **null** dans la cellule du tableau pour éviter les **fuites de mémoire**.
  - Utiliser la technique du **tableau dynamique**.

$\Rightarrow$ Cependant les **conclusions** à tirer quant à l'efficacité des algorithmes d'insertion et de retrait demeureraient **les mêmes**.

Insertion (enqueue)

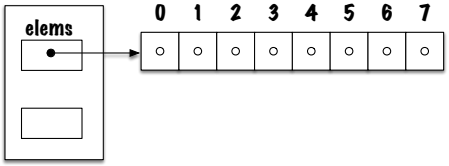
L'insertion d'un nouvel élément dans une file, lorsque l'avant de la file est fixe et l'arrière se déplace, ressemble à l'ajout d'un élément dans une pile.



$\Rightarrow$ **(i)** La variable **rear** est incrémentée de 1, puis **(ii)** la valeur est mise à la position **rear** du tableau.

Retrait (dequeue)

- Qu'en est-il du retrait d'un élément ?



Retrait (dequeue)

Suite au retrait de l'élément, il faut **déplacer tous les éléments d'une position vers la gauche** afin que l'avant de la file demeure en position fixe, 0.

1. **Sauvegarde** dans une variable temporaire de la valeur qui se trouve à l'avant de la file ;
2. Pour **i** de 1 à **rear** déplacer la valeur à la position **i** vers la position **i-1** ;
3. **Initialiser** la cellule **rear** du tableau ;
4. **Décrémenter** de 1 la variable **rear** ;
5. **Retourner** la valeur sauvegardée.

Retrait (dequeue)

- C'est donc dire que pour chaque retrait, il faut **déplacer n-1** valeurs, s'il y avait **n** valeurs avant le retrait.
- **Plus il y a d'éléments** dans la file, **plus il y a de déplacements** à faire. Si on double le nombre d'éléments dans la file, le retrait d'un élément va nécessiter 2 fois plus de déplacements.
- Ce qui n'est pas le cas pour les ajouts, un ajout se fait toujours à la première position libre du tableau. L'insertion d'un élément dans une file contenant 2 fois plus de données ne nécessite pas plus de travail (opérations).

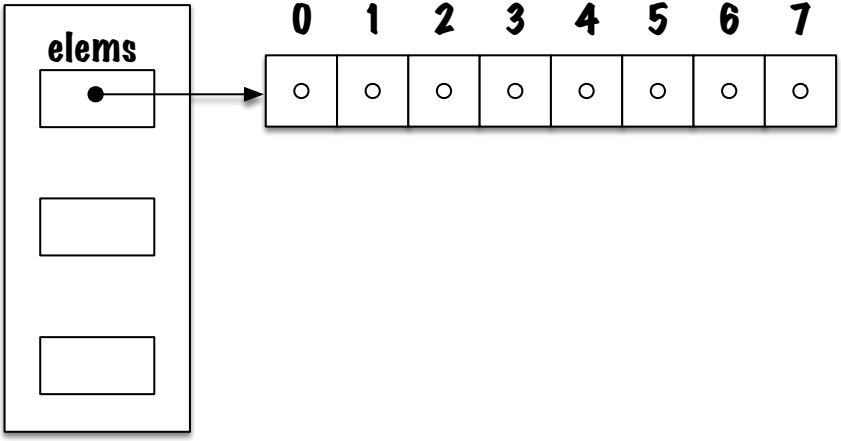
$\Rightarrow$ **Peut-on faire mieux ?**

Implémentation

Implémentation 2

Implémenter une file à l'aide d'un tableau

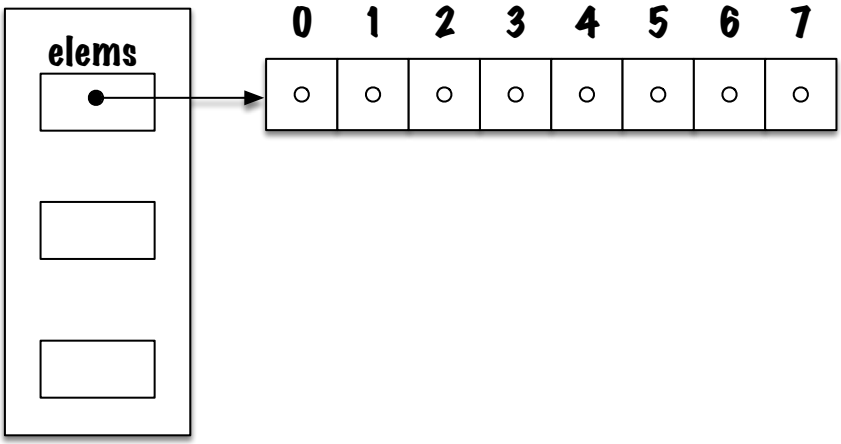
Implémentation 2. L'**avant** et l'**arrière** de la file se **déplacent**, il faut donc utiliser une variable qui pointe vers l'avant, **front**, et une autre qui pointe vers l'arrière, **rear**.



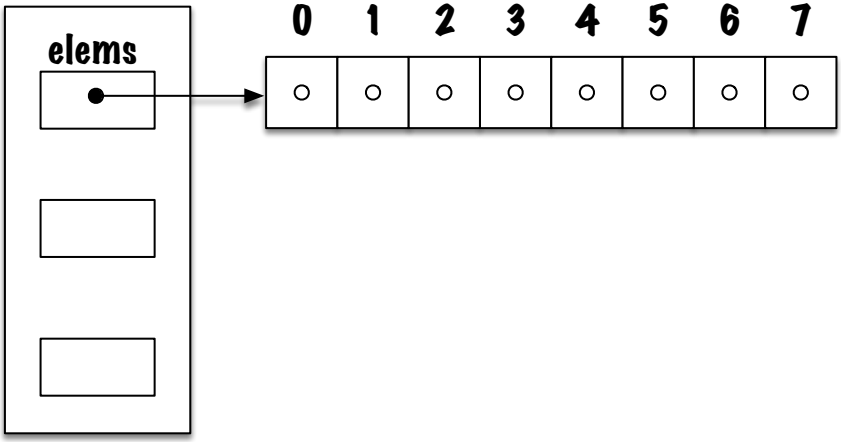
Implémentation à l'aide d'un tableau

```
public class ArrayQueue<E> implements Queue<E> {

    private E[] elems;
    private int front;
    private int rear;

    public boolean isEmpty() { ... }
    public void enqueue(E o) { ... }
    public E dequeue() { ... }

}
```

enqueue



dequeue



Retrait (dequeue)

- Afin de **retirer** un élément, on a maintenant **(i)** qu'à sauver la valeur qui se trouve à l'avant dans une variable temporaire, **(ii)** incrémenter avant et **(iii)** retourner la valeur sauvée.
- Le **retrait** d'un élément se fait maintenant toujours en temps constant, c'est-à-dire que peut importe le nombre d'éléments présents dans la file, il n'y a que les trois opérations ci-dessus à faire (et possiblement initialiser la cellule libre à **null**, s'il s'agit d'une file de valeurs références).
- **Mission accomplie ?**

Insertion (enqueue)

C'est comme avant :

1. **Incrémenter** la valeur de la variable **rear** ;
2. **Insérer** la nouvelle valeur à la position **rear**.

Discussion

- Il y a un **problème fondamental** avec cette implémentation, **quel est-il** ?

Discussion

- Cette nouvelle implémentation nous permet de **retirer** un élément de façon **efficace**, c'est-à-dire que le temps nécessaire ne dépend plus du nombre d'éléments dans la file.
- Mais le **prix à payer** est que lorsque la valeur de **rear** atteint la limite du tableau (mais que **front** n'est pas 0, autrement dit la file n'est pas pleine, elle ne s'est que déplacée vers la droite) il faut alors la **repositionner à la gauche** du tableau, c'est-à-dire qu'il faut déplacer tous ses éléments.

Discussion

- **Plus la file contient d'éléments** au moment de l'ajout, **plus il y a d'éléments à dépalcer**. S'il y a 2 fois plus d'éléments dans la file, il faudra déplacer 2 fois plus d'éléments.

Discussion

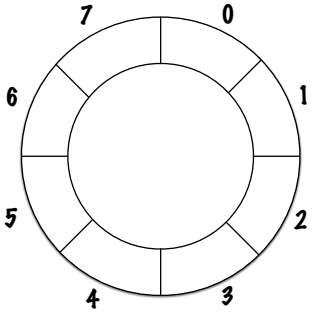
- Dans le cadre de l'**implémentation 1**, l'ajout d'éléments est efficace, mais le retrait est lent.
- Dans le cadre de l'**implémentation 2**, c'est le contraire, l'ajout d'éléments est coûteux (lorsque la file s'est déplacée vers la droite), mais le retrait est efficace.
- **Peut-on obtenir un retrait et un ajout qui soient tous le deux efficaces ?**

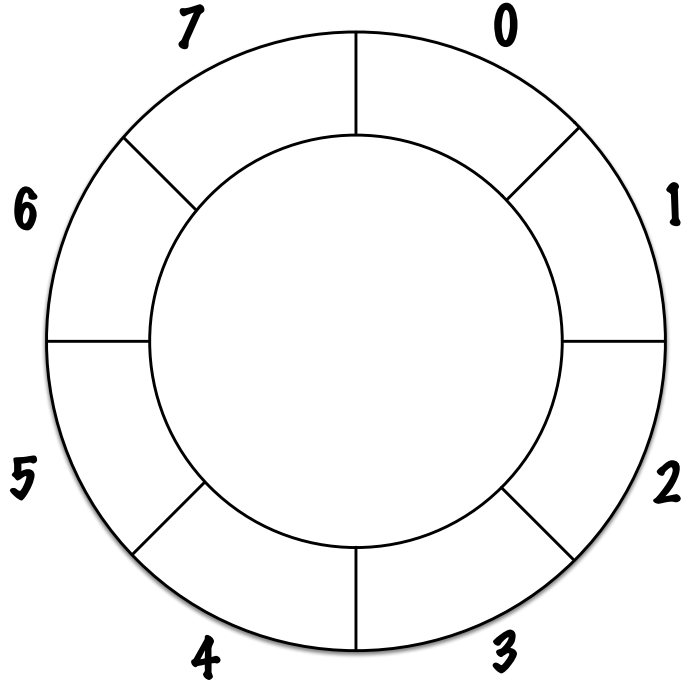
Implémentation

Implémentation 3

Implémenter une file à l'aide d'un tableau

Implémentation 3. Afin que les 2 opérations de base, le retrait et l'insertion, soient efficaces, nous utiliserons un **tableau circulaire**. L'avant et l'arrière de la file se déplaceront tous les deux, il faut donc utiliser une variable qui pointe vers l'avant, **front**, et une autre qui pointe vers l'arrière, **rear**.




7
0
6
1
5
2
4
3

Implémenter une file à l'aide d'un tableau

- Ainsi, afin l'**insérer** une valeur il faut : **(i)** incrémenter la valeur **rear**, **(ii)**puis insérer la nouvelle valeur à la position **rear**.
- De même, afin de **retirer** un élément il faut : sauver la valeur courante trouvée à la position **front**, re-initialiser cette position du tableau, incrémenter la valeur de **front** et retourner la valeur sauvée.

Tableau circulaire

- **Comment** implémente-t-on un tableau circulaire ?

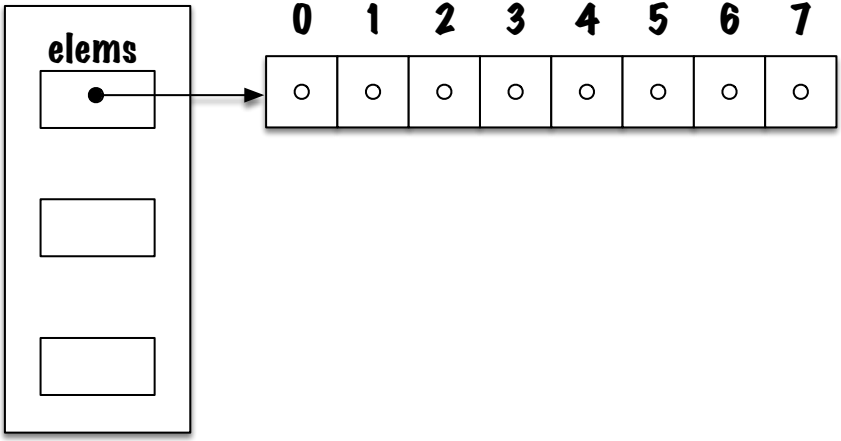


Tableau circulaire

- L'idée est la suivante, lorsque l'arrière de la file a **atteint l'extrémité droite du tableau**, et qu'il y a des cases libres dans sa partie gauche, alors on recommence à **insérer des éléments au début du tableau**.

Diagramme de mémoire

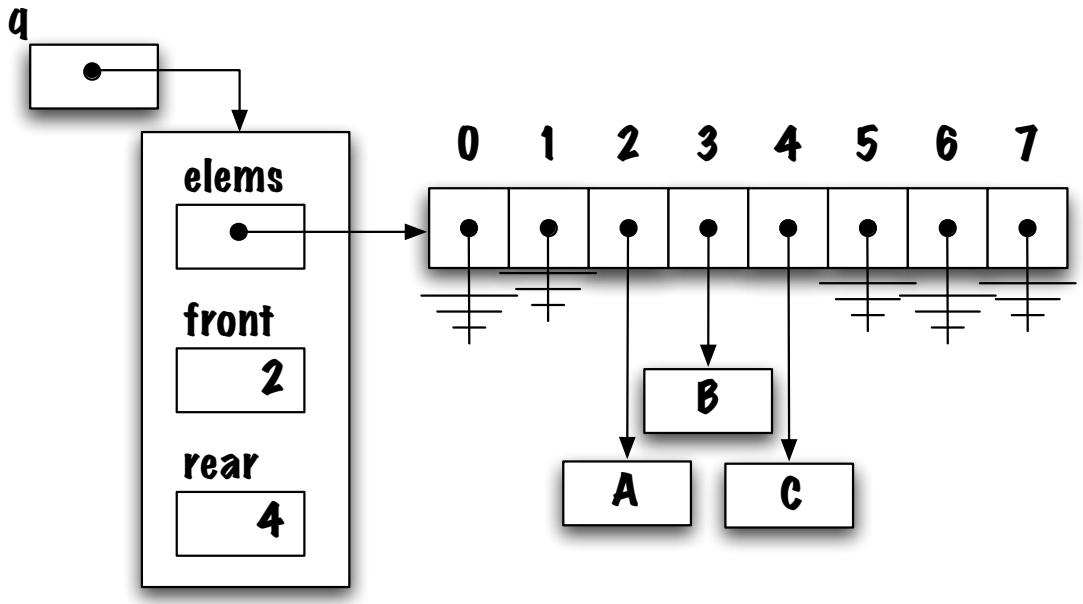


Diagramme de mémoire

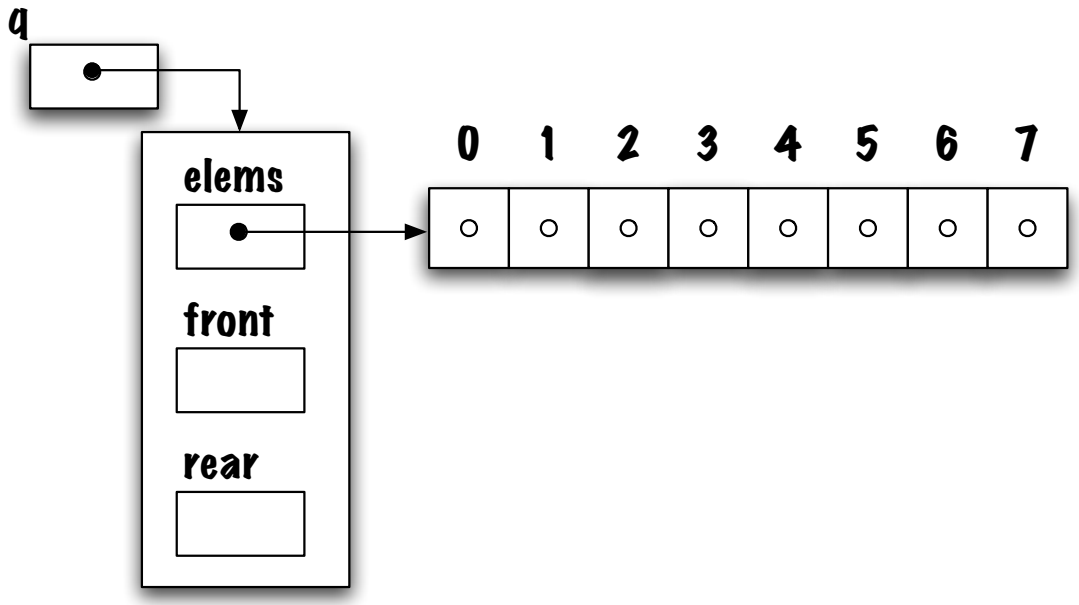


Tableau circulaire

- Mais encore, comment écrit-on la méthode **enqueue** par exemple ?
- On pourrait ajouter un test tel que celui-ci :

```
rear = rear + 1;
if (rear == MAX_QUEUE_SIZE) {
    rear = 0;
}
```

Tableau circulaire

Alternative ?

On utilise plutôt l'**arithmétique modulo** qui simplifie l'écriture.

```
rear = (rear + 1) % MAX_QUEUE_SIZE;
```

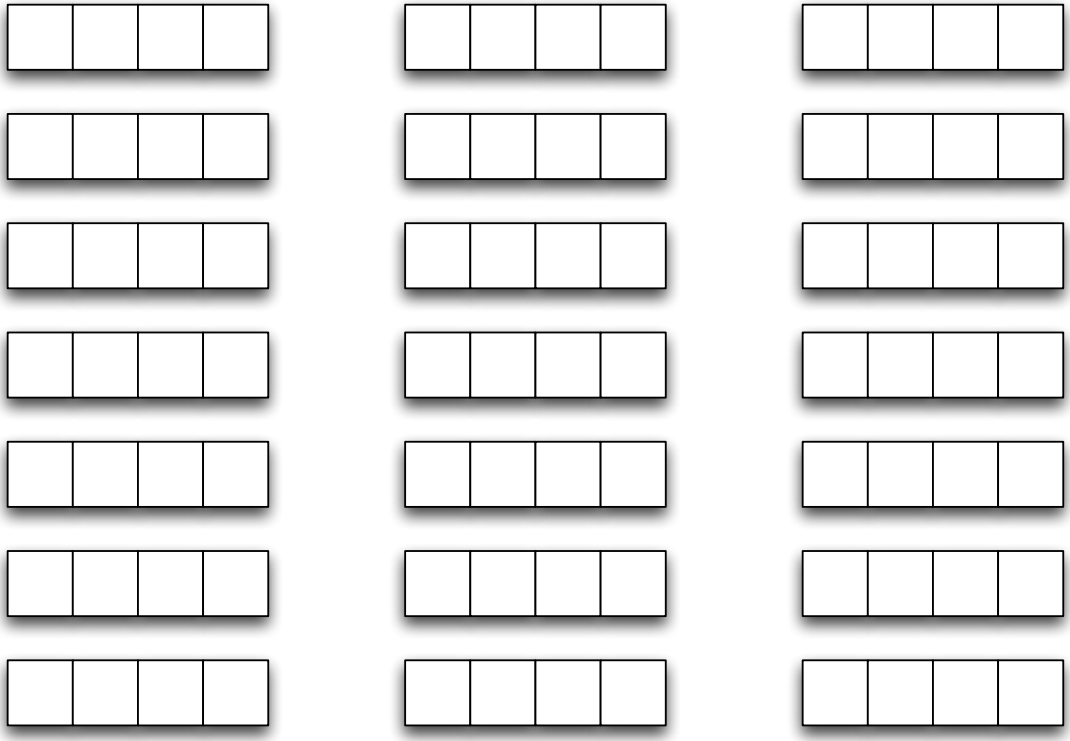
Insertion (enqueue)

1. **rear = (rear+1) % MAX_QUEUE_SIZE** ;
2. **Ajouter** le nouvel élément à la position **rear**.

Retrait (dequeue)

1. **Sauvegarder** la valeur avant de la file ;
2. **Sauvegarder** la valeur **null** à la position `front` du tableau ;
3. **front = (front+1) % MAX_QUEUE_SIZE** ;
4. **Retourner** la valeur sauvegardée.

⇒ **Que se passe-t-il lorsque la file est vide ?**



Discussion

- On voit donc qu'il est **impossible de distinguer** une file **vide** d'une file **pleine** sur la base des variables **rear** et **front**.
- **Que faire ?**

Comment distinguer la file vide de la file pleine ?

- Il existe plusieurs alternatives possibles : **détruire le tableau lorsque la file est vide**, **utiliser un booléen** ou **une sentinelle** (-1) comme valeur pour **rear** ou **front**.
- Une autre solution consiste à utiliser une variable d'instance afin de **compter le nombre d'éléments** dans la file et de choisir judicieusement les valeurs de **rear** et **front** : par exemple 0 et 1 ou encore **MAX_QUEUE_SIZE** et 0.

CircularQueue

- Nous utiliserons une **valeur sentinelle** pour l'index arrière (**rear**) pour signifier la file vide.

```
public class CircularQueue<E> implements Queue<E> {

    private static final int MAX_QUEUE_SIZE = 100;

    private E[] elems;
    private int front, rear;

    public CircularQueue() {
        elems = (E []) new Object[ MAX_QUEUE_SIZE ];
        front = 0; //
        rear = -1; // indique que la file est vide
    }

    // ...
```

isEmpty

```
public boolean isEmpty() {
    return (rear == -1) ;
}
```

isFull

```
public boolean isFull() {


}
```

enqueue

- Fonctionne meme pour la file vide, **pourquoi** ?

```
public void enqueue(E value) {
    rear = (rear+1) % MAX_QUEUE_SIZE;
    elems[rear] = value;
}
```

peek

```
public E peek() {
    return elems[front];
}
```

dequeue

```
public E dequeue() {




}
```

Insertion (enqueue)

Une autre façon de résoudre ce problème aurait été l'utilisation d'une variable d'instance pour **compter les éléments**.

1. **rear = (rear+1) % MAX_QUEUE_SIZE**,
2. **Ajouter** le nouvel élément à la position **rear** ;
3. **Incrémenter** la valeur du compteur **count**.

Retrait (dequeue)

1. **Sauvegarder** la valeur à l'avant de la file ;
2. **Sauvegarder** la valeur **null** à la position `front` du tableau ;
3. **front = (front+1) % MAX_QUEUE_SIZE** ;
4. **Décrémenter** la valeur du compteur **count** ;
5. **Retourner** la valeur sauvegardée.

empty()

1. `count == 0`

isFull()

1. **count == MAX_QUEUE_SIZE**

Prologue

Résumé

- L'implémentation d'une file à l'aide d'un tableau requiert l'utilisation d'un **tableau circulaire**.

Prochain module

- Type Abstrait de Données (TAD) : **listes**

References I


E. B. Koffman and Wolfgang P. A. T.
Data Structures : Abstraction and Design Using Java.
John Wiley & Sons, 3e edition, 2016.

Marcel **Turcotte**

Marcel.Turcotte@uOttawa.ca

École de **science informatique** et de génie électrique (SIGE)

Université d'Ottawa