Compléments de Programmation

Benoit Donnet

Année Académique 2024 - 2025

Agenda

Agenda

- Chapitre 8: Files
  - Principe
  - Spécification Abstraite
  - Implémentation
  - Utilisation

Agenda

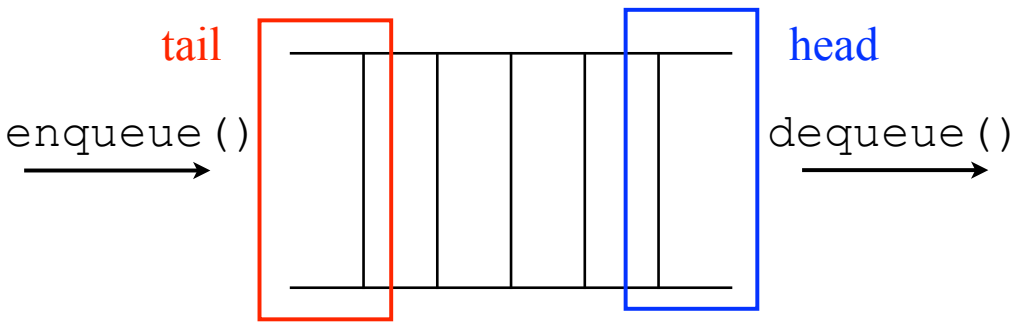
- Chapitre 8: Files
  - Principe
  - Spécification Abstraite
  - Implémentation
  - Utilisation

Principe

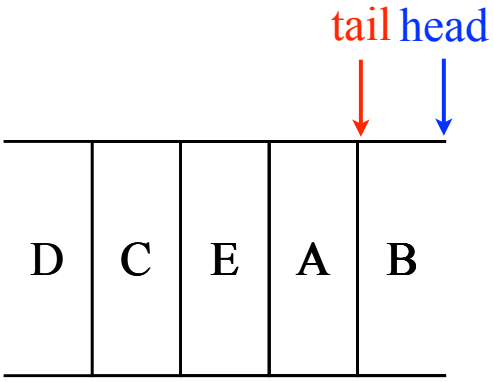
- TAD très utilisé en programmation
  - **queue**
- Notion intuitive
  - file d'attente à un guichet
  - file de documents à imprimer
  - ...
- FIFO
  - *First-In, First-Out*

Principe (2)

- Deux opérations de base
  - insertion d'un élément
    - `enqueue()`
  - suppression d'un élément
    - `dequeue()`
- Les opérations sont limitées aux 2 extrémités
  - insertion en fin de file (**tail**)
  - suppression en début de file (**head**)



Principe (3)




```
enqueue(C)   enqueue(B)
enqueue(D) enqueue(A)
enqueue(E)
dequeue()
```


Agenda

- Chapitre 8: Files
  - Principe
  - Spécification Abstraite
  - Implémentation
  - Utilisation

Spécification Abstraite

- Syntaxe

```
Type:
  Queue
Utilise:
  Boolean, Element, Natural
Opérations:
  empty_queue: → Queue
  is_empty: Queue → Boolean
  size : Queue → Natural
  enqueue: Queue × Element → Queue
  dequeue: Queue → Queue
  head: Queue → Element
```


Spécification Abstraite (2)

- Sémantique
  - préconditions

```
Préconditions:
  ∀ q ∈ Queue
  ∀ q, ¬is_empty(q), dequeue(q)
  ∀ q, ¬is_empty(q), head(q)
```

Spécification Abstraite (3)

		Opérations Internes		
		`empty_queue`	`dequeue(·)`	`enqueue(·)`
Observateurs	`is_empty(·)`			
	`size(·)`			
	`head(·)`	∅		

- Sémantique
  - axiomes
- Combien d'axiomes?
  - 3 Observateurs $\times$ 3 Opérations Internes $=$ 9 Axiomes
- Peut-on réduire?
  - préconditions
  - FIFO

Spécification Abstraite (4)

Axiomes:

$\forall$ q $\in$ Queue, $\forall$ e $\in$ Element

`is_empty(empty_queue)` = True

`is_empty(enqueue(q, e))` = False

$$\texttt{is\_empty(dequeue}(q)\texttt{)} = \begin{cases} \texttt{True} & \text{if } \texttt{size}(q) = 1 \\ \texttt{False} & \text{otherwise} \end{cases}$$

		Opérations Internes		
		`empty_queue`	`dequeue(·)`	`enqueue(·)`
Observateurs	`is_empty(·)`	✓	✓	✓
	`size(·)`			
	`head(·)`	∅		

Spécification Abstraite (5)

Axiomes:

∀ q ∈ Queue, ∀ e ∈ Element

size(empty_queue) = 0

size(enqueue(q, e)) = size(q) + 1

size(dequeue(q)) = size(q) - 1

		Opérations Internes		
		empty_queue	dequeue(·)	enqueue(·)
Observateurs	is_empty(·)	✓	✓	✓
	size(·)	✓	✓	✓
	head(·)	∅		

Spécification Abstraite (6)

Axiomes:

∀ q ∈ Queue, ∀ e ∈ Element

$$\text{head}(\text{enqueue}(q, e)) = \begin{cases} e & \text{if is\_empty}(q) \\ \text{head(q)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

head(dequeue(q)) = head(q)

		Opérations Internes		
		empty_queue	dequeue(·)	enqueue(·)
Observateurs	is_empty(·)	✓	✓	✓
	size(·)	✓	✓	✓
	head(·)	∅	✓	✓

Spécification Abstraite (7)

Axiomes:

∀ q ∈ Queue, ∀ e ∈ Element

$$\texttt{dequeue}(\texttt{enqueue}(q, e)) = \begin{cases} \texttt{empty\_queue} & \texttt{if is\_empty}(q) \\ \texttt{enqueue}(\texttt{dequeue}(q), e) & \texttt{otherwise} \end{cases}$$

		Opérations Internes		
		`empty_queue`	`dequeue(·)`	`enqueue(·)`
Observateurs	`is_empty(·)`	✓	✓	✓
	`size(·)`	✓	✓	✓
	`head(·)`	∅	✓	✓

Agenda

- Chapitre 8: Files
  - Principe
  - Spécification Abstraite
  - Implémentation
    - ✓ Interface
    - ✓ Implémentation Statique par Tableau Contigu
    - ✓ Implémentation Statique par Tableau Circulaire
    - ✓ Implémentation Dynamique
    - ✓ Complexité
  - Utilisation

Interface

- Fichier `queue.h`

```
#ifndef __QUEUE__
#define __QUEUE__

#include "boolean.h"

typedef struct queue_t Queue;

Queue *empty_queue();

Boolean is_empty(Queue *q);

unsigned int size(Queue *q);

Queue *enqueue(Queue *q, void *e);

Queue *dequeue(Queue *q);

void *head(Queue *q);

#endif
```


Tableau Contigu

- Représentation simple par des éléments contigus dans un tableau
  - *head*
    - ✓ position précédent le 1er élément
  - *tail*
    - ✓ position du dernier élément

Tableau Contigu

- Illustration

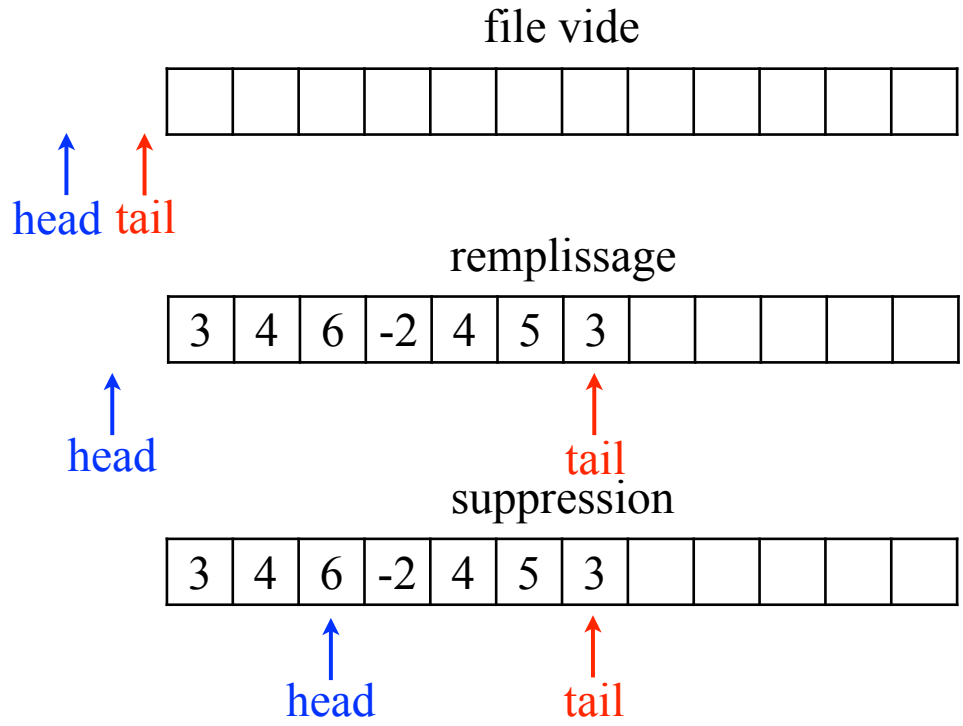


Tableau Contigu (2)

- Fichier `static_contiguous_queue.c`

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <assert.h>

#include "queue.h"

#define MAX_SIZE 10

struct queue_t{
  void *queue[MAX_SIZE];
  int head;
  int tail;
};
```

Tableau Contigu (3)

```
Queue *empty_queue(){
 Queue *q = malloc(sizeof(Queue));
 if(q==NULL)
  return NULL;

 q->head = -1;
 q->tail = -1;

 return q;
}//end empty_queue()

Boolean is_empty(Queue *q){
 return q->head == q->tail;
}//end is_empty()

unsigned int size(Queue *q){
 return q->tail - q->head;
}//end size()
```


Tableau Contigu (4)

```
void *head(Queue *q){
 assert(!is_empty(q));

 return q->queue[q->head+1];
}//end head()

Queue *enqueue(Queue *q, void *e){
 if(q->tail >= MAX_SIZE-1){
  printf("Error: queue full\n");
  exit(-1);
 }

 q->tail++;
 q->queue[q->tail] = e;

 return q;
}//end enqueue()
```

Tableau Contigu (5)

```
Queue *dequeue(Queue *q){
 assert(!is_empty(q));

 free(q->queue[q->head+1]);
 q->head++;

 return q;
}//end dequeue()
```


Tableau Contigu (6)

- Utilisation

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include "queue.h"
#include "element.h"

int main(){
  Queue *q = empty_queue();

 if(is_empty(q))
     printf("Queue empty!\n");
 else
  printf("Queue not empty!\n");

 q = enqueue(q, create_element(5));
 q = enqueue(q, create_element(2));

  //à suivre
}//end main()
```

Tableau Contigu (7)

```
int main(){
  //cfr. slide précédent
 q = enqueue(q, create_element(10));
 q = enqueue(q, create_element(20));
 q = enqueue(q, create_element(30));
 q = enqueue(q, create_element(40));
 q = enqueue(q, create_element(50));

 printf("Queue size: %u\n", size(q));

 Element *elem = (Element *)head(q);
 printf("The head is: %d\n", elem->e);

 q = dequeue(q);
 q = dequeue(q);

 elem = (Element *)head(q);
 printf("The head is: %d\n", elem->e);
 printf("Queue size: %u\n", size(q));
  return 1;
}//end main()
```


Tableau Contigu (8)

- Problèmes avec cette implémentation
  - les indices de tête et fin ne font qu'augmenter
    - ✓ qu'on ajoute ou retire des éléments
  - l'utilisation de la file est limitée dans le temps
    - ✓ quand la taille maximale est atteinte, la file n'est plus utilisable

Tableau Circulaire

- Gestion circulaire par tableau
  - gérer le tableau de manière circulaire
  - l'élément suivant la position `i` est l'élément à la position `(i+1) % MAX_SIZE`
- La file est autorisée à contenir `MAX_SIZE` éléments
- Initialisation
  - `head = 0;`
  - `tail = 0;`
- Toutes les places du tableau sont exploitées

Tableau Circulaire (2)

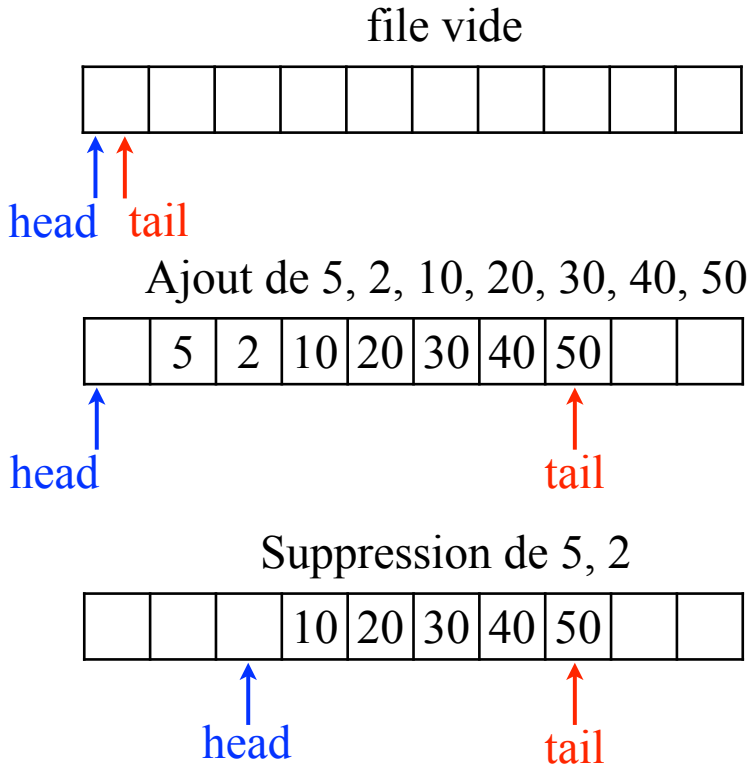
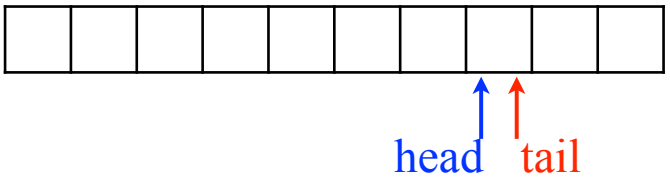
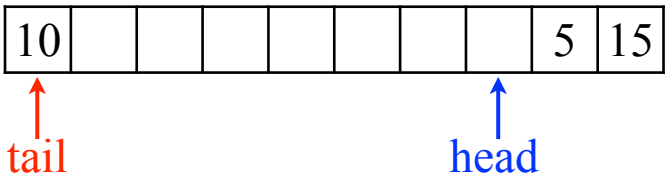


Tableau Circulaire (3)

Suppression de 10, 20, 30, 40, 50



Ajout de 5, 15, 10



Suppression de 5

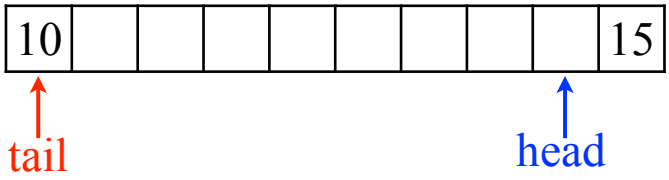


Tableau Circulaire (4)

Ajout de 5, 6, 20, 8, 35, 25, 33

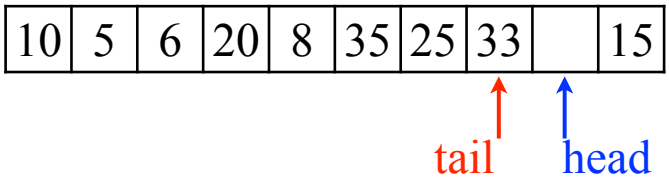


Tableau Circulaire (5)

- Fichier `static_circular_queue.c`

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <assert.h>

#include "queue.h"

#define MAX_SIZE 10

struct queue_t{
  void *queue[MAX_SIZE];
  int head;
  int tail;
};
```


Tableau Circulaire (6)

```c
Queue *empty_queue(){
  Queue *q = malloc(sizeof(Queue));
  if(q==NULL)
    return NULL;

  q->head = 0;
  q->tail = 0;

  return q;
}//end empty_queue()

Boolean is_empty(Queue *q){
  return q->head == q->tail;
}//end is_empty()

unsigned int size(Queue *q){
  return q->tail - q->head;
}//end size()
```

Tableau Circulaire (7)

```
void *head(Queue *q){
 assert(!is_empty(q));

 return q->queue[(q->head+1) % MAX_SIZE];
}//end head()

Queue *enqueue(Queue *q, void *e){
 if(q->tail >= MAX_SIZE-1){
  printf("Error: queue full\n");

  exit(-1);
 }

 q->tail = (q->tail+1) % MAX_SIZE;
 q->queue[q->tail] = e;

 return q;
}//end enqueue()
```


Tableau Circulaire (8)

```
Queue *dequeue(Queue *q){
 assert(!is_empty(q));

 free(q->queue[(q->head+1) % MAX_SIZE]);
 q->head = (q->head+1) % MAX_SIZE;

 return q;
}//end dequeue()
```

Tableau Circulaire (9)

- Utilisation

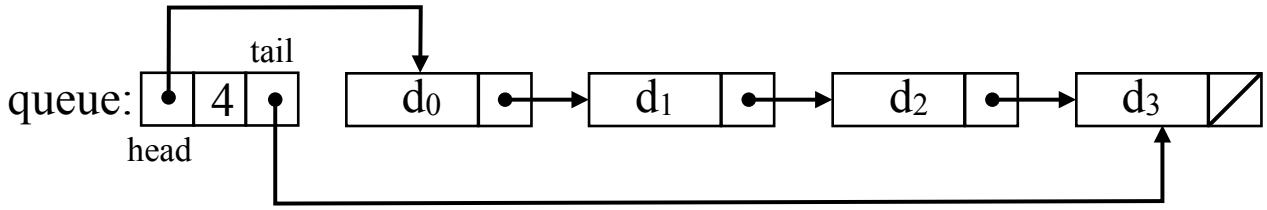
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include "queue.h"
#include "element.h"

int main(){
  Queue *q = empty_queue();

  if(is_empty(q))
     printf("Queue empty!\n");
  else
     printf("Queue not empty!\n");

  q = enqueue(q, create_element(5));
  q = enqueue(q, create_element(2));

  //à suivre
}//end main()
```


Tableau Circulaire (10)

```
int main(){
  //cfr. slide précédent
 q = enqueue(q, create_element(10));
 q = enqueue(q, create_element(20));
 q = enqueue(q, create_element(30));
 q = enqueue(q, create_element(40));
 q = enqueue(q, create_element(50));

 printf("Queue size: %u\n", size(q));

 Element *elem = (Element *)head(q);
 printf("The head is: %d\n", elem->e);

 q = dequeue(q);
 q = dequeue(q);

 elem = (Element *)head(q);
 printf("The head is: %d\n", elem->e);
 printf("Queue size: %u\n", size(q));
  return 1;
}//end main()
```

Implem. Dynamique

- Inconvénient de l'implémentation statique
  - taille limitée de la file
- Quid si on veut une file illimitée?
  - implémentation via une liste chaînée avec pointeur début/fin
    - ✓ permet un ajout facile
    - ✓ permet un retrait facile



Implem. Dynamique (2)

- Fichier `dynamic_queue.c`

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <assert.h>

#include "queue.h"

typedef struct cell{
 void *data;
 struct cell *next;
}cell;

struct queue_t{
 cell *head;
 cell *tail;
 unsigned int size;
};
```

Liste chaînée "générique"

Liste chaînée avec ptr début/fin

Implem. Dynamique (3)

```
static cell *create_cell(void *data){
 cell *n_cell = malloc(sizeof(cell));
 if(n_cell == NULL)
  return n_cell;

 n_cell->next = NULL;
 n_cell->data = data;
 return n_cell;
}//end create_cell()

Queue *empty_queue(){
 Queue *q = malloc(sizeof(Queue));
 if(q==NULL)
  return NULL;

 q->head = NULL;
 q->tail = NULL;
 q->size = 0;

 return q;
}//end empty_queue()
```


Implem. Dynamique (4)

```
Boolean is_empty(Queue *q){
 return q->head == NULL;
}//end is_empty()

unsigned int size(Queue *q){
 return q->size;
}//end size()

void *head(Queue *q){
 assert(!is_empty(q));

 return q->head->data;
}//end head()
```

Implem. Dynamique (5)

```
Queue *enqueue(Queue *q, void *e){
 cell *n_cell = create_cell(e);
 if(n_cell == NULL)
  return q;

 if(is_empty(q)){
  q->tail = n_cell;
  q->head = n_cell;
 }else{
  q->tail->next = n_cell;
  q->tail = n_cell;
 }
 q->size++;

 return q;
}//end enqueue()
```

cas particulier: ajout quand file vide

cas général

Implem. Dynamique (6)

```
Queue *dequeue(Queue *q){
 assert(!is_empty(q));

 cell *tmp = q->head;
 q->head = q->head->next;

 tmp->next = NULL;
 free(tmp);

 q->size--;

 return q;
}//end dequeue()
```

Implem. Dynamique (7)

- Utilisation

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include "queue.h"
#include "element.h"

int main(){
  Queue *q = empty_queue();

  if(is_empty(q))
     printf("Queue empty!\n");
  else
     printf("Queue not empty!\n");

  q = enqueue(q, create_element(5));
  q = enqueue(q, create_element(2));

  //à suivre
}//end main()
```


Implem. Dynamique (8)

```
int main(){
  //cfr. slide précédent
 q = enqueue(q, create_element(10));
 q = enqueue(q, create_element(20));
 q = enqueue(q, create_element(30));
 q = enqueue(q, create_element(40));
 q = enqueue(q, create_element(50));

 printf("Queue size: %u\n", size(q));

 Element *elem = (Element *)head(q);
 printf("The head is: %d\n", elem->e);

 q = dequeue(q);
 q = dequeue(q);

 elem = (Element *)head(q);
 printf("The head is: %d\n", elem->e);
 printf("Queue size: %u\n", size(q));
  return 1;
}//end main()
```

Complexité

- Les opérations sur les files sont toutes en *O(1)*
- Valable pour les différentes implémentations

Agenda

- Chapitre 8: Files
  - Principe
  - Spécification Abstraite
  - Implémentation
  - Utilisation

Utilisation

- Gestion des travaux d'impression d'une imprimante
  - imprimante en réseau
  - les tâches d'impression arrivent aléatoirement depuis n'importe quelle machine
  - les tâches sont placées dans la file
    - ✓ traitement dans l'ordre d'arrivée
- Ordonnanceur dans les OS
  - maintenir une file de processus en attente d'un temps machine
- Parcours en largeur d'un arbre
  - ✓ cfr. INFO0902