Programmation concurrente

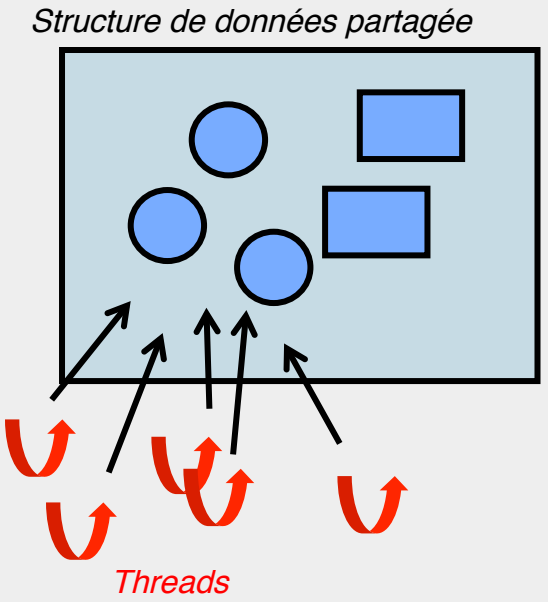
Accès concurrent à des structures de données de taille bornée
Cas du buffer de type producteurs-consommateurs

Polytech/INFO 4, 2023-2024

Fabienne Boyer
UFR IM2AG, LIG, Université Grenoble Alpes
Fabienne.Boyer@imag.fr

Où en est t'on

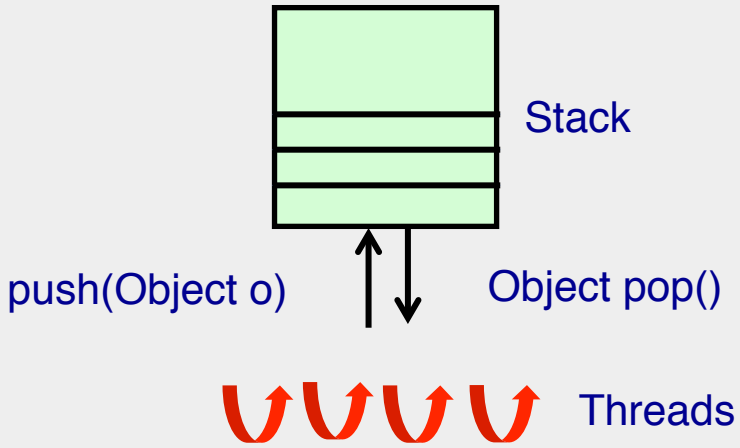
- **Processus**
- **Threads**
- **Notion d 'exclusion mutuelle**
- **Outils**
  - Verrous
  - Moniteurs
  - Sémaphores
- **Méthodologie de programmation**
  - Solutions directes
  - Solutions FIFO
  - Solutions à base de priorités
  - Gestion des interblocages
- **Problèmes typiques étudiés**
  - Allocation de ressource
  - Rendez-vous
  - Lecteurs-Rédacteurs
  - Producteurs-Consommateurs
  - Philosophes



Partage de structures de données de taille bornée

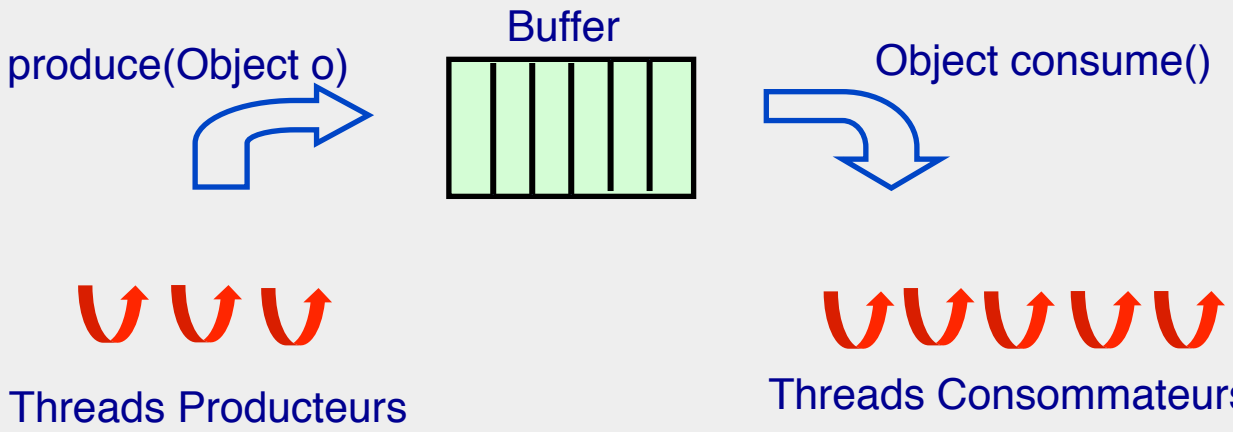
- **Exemples**
  - Tableau, Buffer, Pile, ..
- **Taille bornée ?**
  - Choix d'implémentation, borne la place mémoire utilsée
  - Gestion de la saturation de place
    - Par exception
    - Par blocage : un thread qui veut déposer une donnée sera bloqué tant que la structure est pleine
  - Le blocage met en place une auto-régulation : les threads qui ne peuvent pas déposer une donnée sont bloqués et ralentissent donc leur exécution

Partage d'une pile de taille bornée



- Garantir la cohérence de la pile
  - push place l'élément en tête de pile
  - pop retourne l'élément en tête de pile
- pop() bloquant la pile est vide
- push() bloquant si la pile est pleine

Partage d'un buffer Producteur-Consommateur

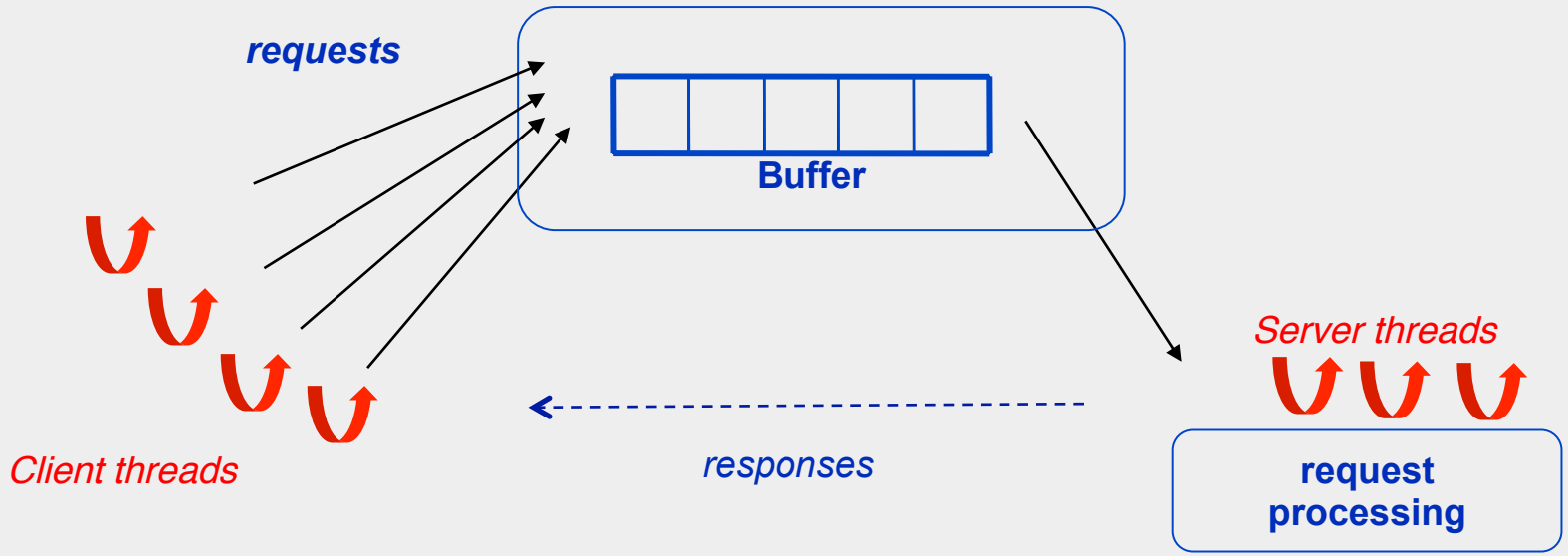


- Garantir la cohérence du buffer
  - Un élément n'est consommé qu'une fois
  - Les éléments sont consommés dans l'ordre dans lequel ils ont été produits
- produce() bloquant le buffer est plein
- consume() bloquant si le buffer est vide

- Variantes: MPMC, MPSC, SPMC, SPSC (Multiple/Single Productors, Multiple/Single Consumers)

Usage typique d'un buffer producteurs-consommateurs

- **Architectures client-serveur**
  - Serveurs GUI (pompes à événements, MPSC)
  - Serveurs Web (MPMC)
  - ..



Implémentation d'un buffer de type Producteur / Consommateur

- **Basée moniteur**
  - On utilise des variables (ex: *int nempty, int nfull*) pour évaluer les conditions de dépôt et de retrait

- **Basée sémaphores**
  - On utilise des sémaphores pour représenter les conditions de dépôt et de retrait (*Semaphore notEmpty, notFull*)
  - On protège les manipulation des données partagées (*Semaphore mutex*)

Implémentation basée sémaphore d'un buffer Producteur / Consommateur

- **Hypothèses**
  - MPMC
  - Buffer d'1 entrée

- **Données partagées**

```
Msg buffer[] = new Msg[1];
// production condition (not full entries)
Semaphore notFull = new Semaphore(1);
// consommation condition (not empty entries)
Semaphore notEmpty = new Semaphore(0);
```

Implémentation basée sémaphore d'un buffer Producteur / Consommateur à 1 entrée

```
produce (Msg msg) {
        //wait until buffer not full
        notFull.P();

        buffer[0] = msg;

       // wakeup some waiting process
        notEmpty.V();
}
```

```
Msg Consume {
      // wait until buffer not empty
       notEmpty.P();

       Msg msg = buffer[0];

        // wakeup some waiting process
       notFull.V();
      return msg;
}
```

Implémentation basée sémaphore d'un buffer Producteur /consommateur

- **Gestion d'un buffer de N cases (N>=1)**

Données partagées

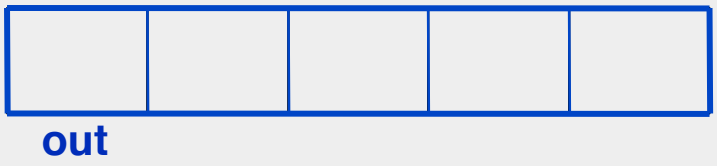
```
int  bufferSz;
Msg buffer[];
Semaphore notFull;
Semaphore notEmpty;
Semaphore mutex;
int in = 0, out = 0;
```

Initialisation

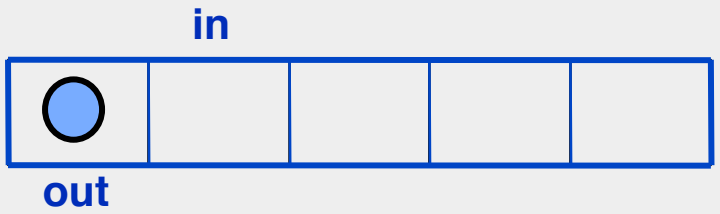
```
public ProdCons(int bufferSz) {
    this.bufferSz = bufferSz;
    buffer = new Msg[bufferSz];
    notFull = new Semaphore(bufferSz);
    notEmpty = new Semaphore(0);
    mutex = new Semaphore(1);
}
```

Scenario

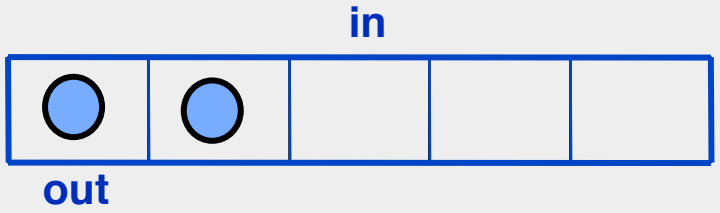
initially



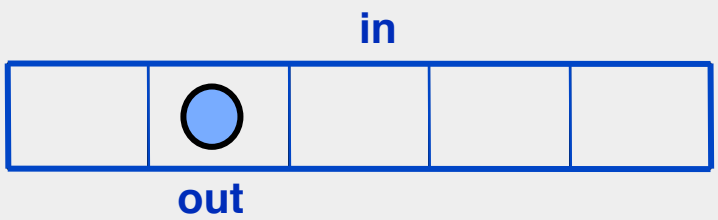
put



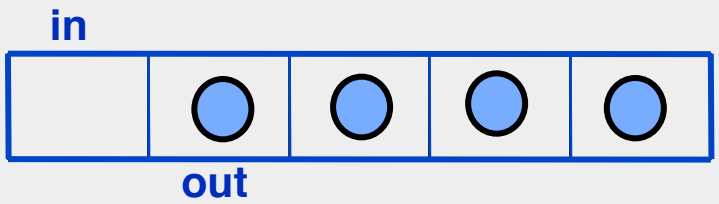
put



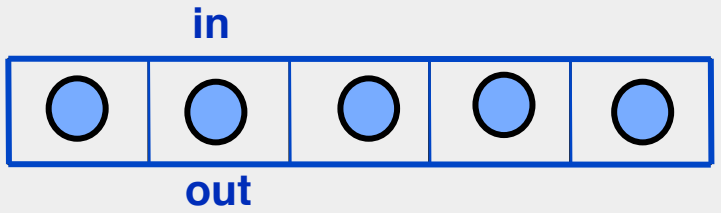
get



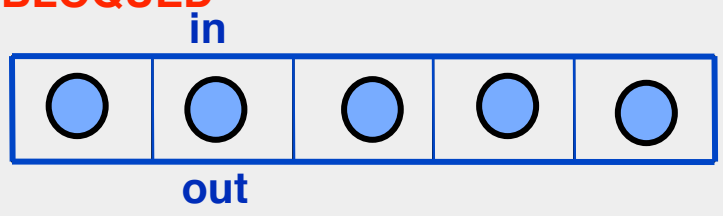
put***



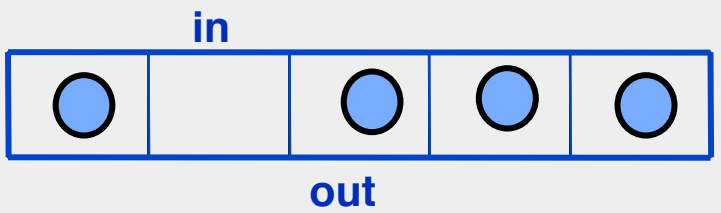
put



put → BLOQUED



get → WAKEUP bloqued producer



Implémentation basée sémaphore d'un buffer Producteur /consommateur

```
Produce(Msg msg) {
        //wait until buffer not full
        notFull.P();
        mutex.P();
        buffer[in] = msg;
        in = in + 1 % bufferSz;
        mutex.V();
        // one more not empty entry
        notEmpty.V();
}
```

```
Msg Consume() {
        //wait until buffer not empty
        notEmpty.P();
        mutex.P();
        Msg msg = buffer[out];
        out = out + 1 % bufferSz;
        mutex.V();
        // one more not fullentry
        notFull.V();
}
```

Producteur / Consommateur

- **Solution correcte**
- **Mais pas optimisée (pas de parallélisme entre productions et consommations au moment du dépôt / retrait)**
  - → Peut-on enlever le mutex ?
  - → Attention aux opérations suivantes qui doivent rester exclusives
    - in = in + 1 % bufferSz
    - out = out + 1 % bufferSz

Buffer producteur/consommateur avec Java (Blocking Queues)

- **Package java.util.concurrent**
  - Interface BlockingQueue
  - Classes
    - ArrayBlockingQueue (basée sur l'usage d'un tableau borné)
    - DelayQueue (élement peut être retiré au bout d'un délai)
    - LinkedBlockingQueue (élements ordonnés FIFO, borné)
    - PriorityBlockingQueue (élements ordonnés / priorité)
    - ConcurrentLinkedQueue (file non bornée)
    - …

Objectifs du mini-projet

- Programmation de classes producteurs-consommateurs qui fournissent différentes politiques
- Usage des outils de base fournis par Java (moniteurs, sémaphores)