**SDR - Systèmes Distribués et Repartis**

# Mutex par jetons

*28 October 2025*

## Table des matières

# 1 Introduction

Note: on a vu 4 concepts de synchronisation

- Lamport –> horloge logique
- Ricart & Agrawala –> je demande la permission à tout le monde
- Carvalho et Roucairol –> je demande la permission à un sous-ensemble qui ne m'ont pas encore donné leur jeton

## 2 Algorithme par jeton

Jusqu'à maintenant les algorithmes que nous avons vu, nécessistait plusieurs jetons pour fonctionner.

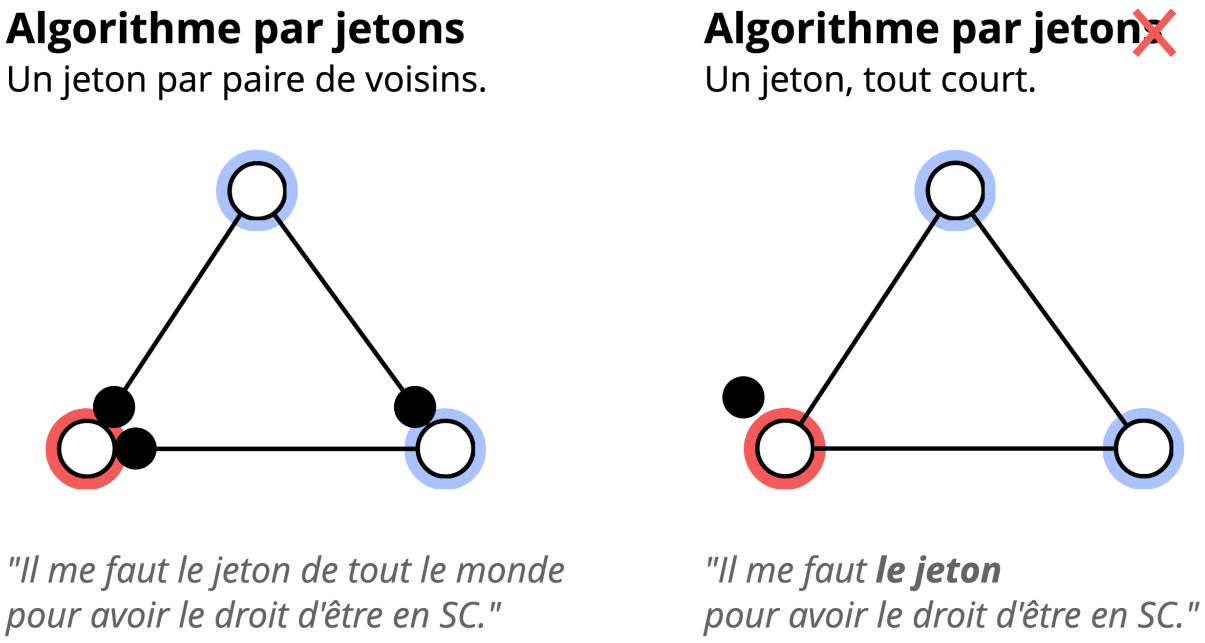



*Fig. 1. – Capture des slides du cours – Différents multi-jetons à jeton unique*

### 2.1 Critères de réussite

Pour résoudre ce problème, en ayant qu'un seul jeton, nous cherchons à respecter 3 critères:

- Unicité: assurer que le jeton ne sera pas dupliqué
- Transmission: gérer le transit du jeton entre les processus
- Progrès: assurer que tout demandeur finira par obtenir le jeton

### 2.2 Approche naive (anneau)

Nous pourions imaginer un système où le jeton est transmis de manière circulaire entre les processus. Chaque processus, lorsqu'il reçoit le jeton, vérifie s'il a une demande en attente pour la section critique. Si oui, il entre dans la section critique; sinon, il transmet le jeton au processus suivant.

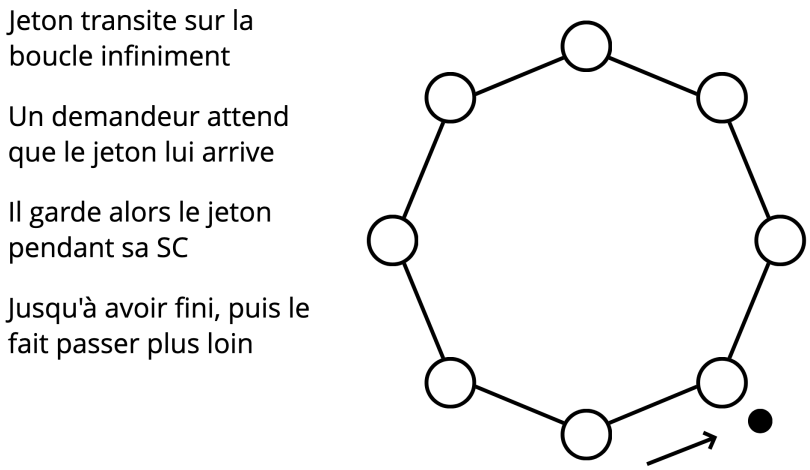



*Fig. 2. – Capture des slides du cours – Approche circulaire naïve*

> ⚠ **Warning**
>
> Si nous prenons en compte les pannes de processus, cette approche devient problématique. En effet, si un processus tombe en panne, le jeton peut être perdu, ce qui empêche tous les autres processus d'accéder à la section critique.
>
> Le temps d'attente n'est pas optimial, car un jeton ayant transmis le jeton et ayant une demande en attente doit attendre que le jeton fasse tout le tour avant de pouvoir entrer en section critique. **La structure en anneau n'est pas efficace.**

## 2.3 Approche avec un arbre (Raymond)

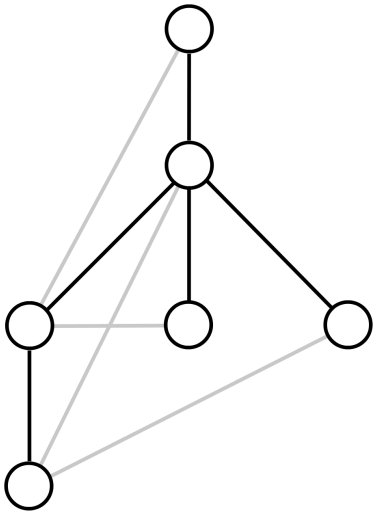
L'avantage de la structure en arbre est que la profondeur de celui-ci est

$$\log(n)(n = \text{nombre de processus})$$

Ainsi, le temps d'attente pour obtenir le jeton est réduit.

### *2.3.1 Propriétés*

- **Efficacité**: S'il est équilibré, distance logarithmique
- **Simplicité**: Un seul chemin entre tous les points
- **Réalisme**: Les vrais réseaux sont rarement des cliques



*(Pourra être intégré sur un réseau plus complet)*

*Fig. 3. – Capture des slides du cours – Approche avec un arbre*

Cette approche nous oblige à denouveau gérer de la communication entre les processus pour la demande et la libération du jeton.

### *2.3.2 Demande du jeton*

Dans notre situation, `C` possède le jeton. `E` en fait la demande il prendra donc le chemin qui le mènera vers `C`. Chaque intermédiaire sur le chemin (ici `B`) va stocker la demande de `E` dans une file d'attente locale.

Au moment où `C` libère le jeton, il le transmet à `B` qui le transmettra à `E` (puisque c'est la première demande dans sa file d'attente) et chaque processus **inverse** le sens de son arc.

> **i Info**
>
> Chaque noeud ne connaît que son parent et ses enfants. Lorsqu'un noeud reçoit le jeton, il le transmet au premier demandeur dans sa file d'attente. Donc `C` ne sait pas que `E` a fait la demande, il sait juste que `B` lui a demandé le jeton.

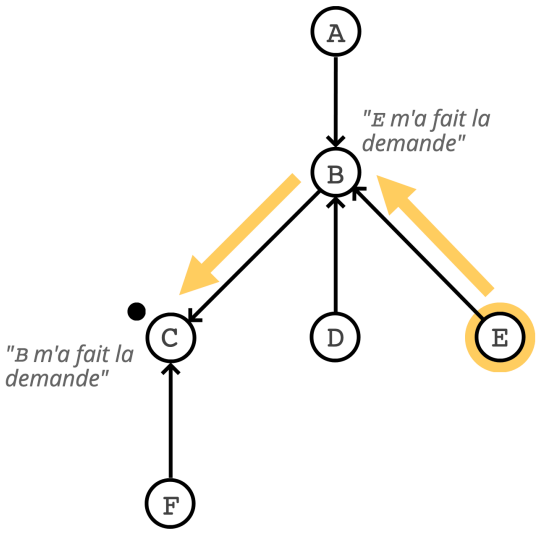



*Fig. 4. – Capture des slides du cours – Demande du jeton*

#### *2.3.2.1 Demande multiple*

Dans notre cas, si `D` et `A` viennent demander le jeton, `B` va simplement ajouter `A` à sa file d'attente. Lorsque `E` aura terminé, le jeton sera transmis à demandeur le plus ancien dans la file d'attente, ici `D`. **En transmettant le jeton à `D`, vu qu'une autre demande est en attente, `B` demandera le jeton à `D` pour le transmettre à `A`.**

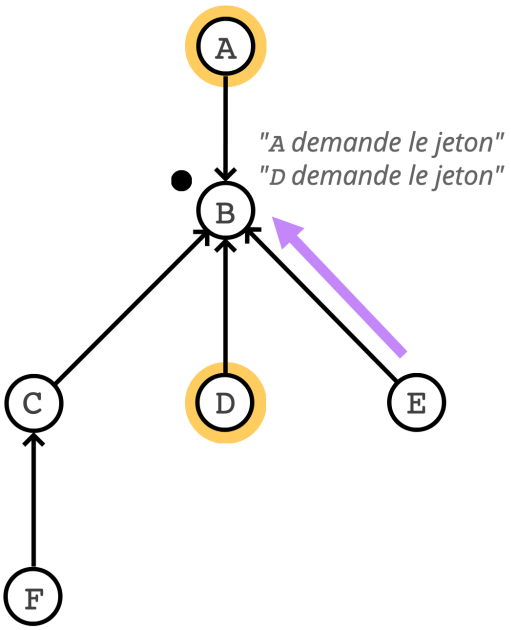



*Fig. 5. – Capture des slides du cours – Libération du jeton*

> **⚠ Warning**
>
> À l'exception des feuilles, cette approche rends notre réseau sensible aux pannes, car si un noeud intermédiaire tombe en panne, **tous ses descendants** sont isolés du reste de l'arbre.

### *2.3.3 Resumé*

Dans cette approche nous aurons besoin de 2 types de messages:

- `REQUEST` : pour demander le jeton

- `OK` : pour transmettre le jeton

Les règles à respecter sont:

- **Les liens doivent toujours être orientés vers le détenteur du jeton.**
- **Chaque noeud possède une file d'attente pour stocker les demandes.**
- **Renvoi d'une requête après le jeton si besoin.**
- **On ne contacte le parent que si la file d'attente est vide.**

Nous pouvons donc déduire les propriétés suivantes:

- **Correctness**: Jamais plus d'un processus sera en SC
- **Progress**: Toute demande finira par être satisfaite
- **Complexity**: $4\log(n)$ par demande **si l'arbre est équilibré**

#### *2.3.4 Pseudo-code*

Variables

| | | |
|---|---|---|
| `self` | *entier, constant* | mon numéro de processus |
| `inSC` | *booléen, init false* | ssi je suis actuellement en SC |
| `hasRequested` | *booléen, init false* | ssi j'ai fait une demande de jeton |
| `parent` | *entier* | id du processus parent dans l'arbre |
| `queue` | *FIFO* | Processus ayant fait une requête |

*Note : on appelle parent le processus dans la direction duquel aller pour se diriger vers le jeton.*

*Ainsi, si `parent` est `nil`, alors on peut dire qu'on a le jeton.*

*Fig. 6. – Capture des slides du cours – Pseudo-code de l'algorithme de Raymond*

Initialisation

Écouter infiniment les événements suivants :

- Demande d'entrée en SC
- Sortie de SC
- Réception de `REQ`
- Réception de `OK`

*Fig. 7. – Capture des slides du cours – Pseudo-code de l'algorithme de Raymond - suite*

### Traitement : Demande de SC de la couche applicative

```
Envoi de REQ à self
```

### Traitement : Réception de REQ de la part de i

```
Push i dans queue
Si parent est nil
    Exécuter handleJeton
Sinon, si hasRequested est false
    Envoyer REQ à parent
    hasRequested ← true
```

*Fig. 8. – Capture des slides du cours – Pseudo-code de l'algorithme de Raymond - suite*

### Traitement : Réception de OK de la part de i

```
Exécuter handleJeton
```

### Traitement : Sortie de SC de la couche applicative

```
Exécuter handleJeton
```

*Fig. 9. – Capture des slides du cours – Pseudo-code de l'algorithme de Raymond - suite*

### Fonction handleJeton

```
Si queue est vide, sortir de cette fonction.
p ← queue.pop()
hasRequested ← false
Si p vaut self
    parent ← nil
    Entrer en SC
Sinon
    Envoyer OK à p
    parent ← p
    Si queue n'est pas vide
        Envoyer REQ à p
```

*Fig. 10. – Capture des slides du cours – Pseudo-code de l'algorithme de Raymond - fin*