

Processus programmation concurrente

Christophe Viroulaud

Terminale - NSI

Archi 08

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Dans les années 60, **Multics** est un des premiers systèmes d'exploitation avec :

- ▶ système de fichier hiérarchique,
- ▶ temps partagé,
- ▶ multitâche préemptif,
- ▶ multi-utilisateur.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

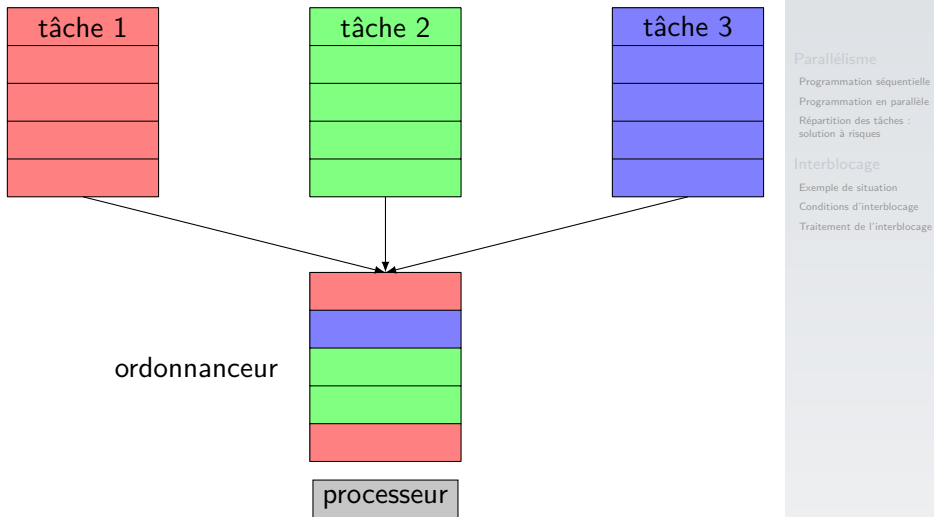


FIGURE 1 – Système mono-processeur

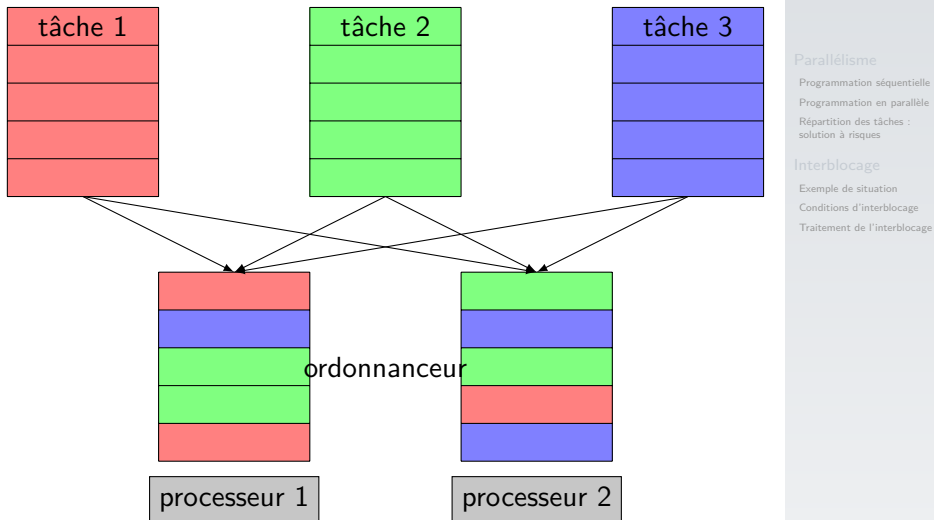


FIGURE 2 – Système multi-processeurs

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Activité 1 : Identifier les problèmes éventuels dans les deux types d'architectures.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

- ▶ Deux tâches ont besoin d'utiliser la même ressource.
- ▶ Une tâche a besoin de réaliser certaines actions dans un ordre précis.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Comment ordonner les processus pour minimiser les
erreurs d'exécution ?

1. Parallélisme

1.1 Programmation séquentielle

1.2 Programmation en parallèle

1.3 Répartition des tâches : solution à risques

2. Interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage


```
1 def f1():
2     for _ in range(5):
3         print("appel 1")
4
5 def f2():
6     for _ in range(5):
7         print("appel 2")
8
9 f1()
10 f2()
```

Code 1

Activité 2 : Exécuter le code 1.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

```
1 appel 1
2 appel 1
3 appel 1
4 appel 1
5 appel 1
6 appel 2
7 appel 2
8 appel 2
9 appel 2
10 appel 2
```

Code 2 – L'interpréteur exécute les lignes de code séquentiellement.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

1. Parallélisme

1.1 Programmation séquentielle

1.2 Programmation en parallèle

1.3 Répartition des tâches : solution à risques

2. Interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Programmation en parallèle - notion de **thread**

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Les ordinateurs possèdent maintenant plusieurs processeurs.
Il semble alors pertinent de partager les tâches pour accélérer l'exécution des processus.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Un thread est un processus qui va s'exécuter simultanément avec d'autres thread en partageant l'espace des données.

```
1 from threading import Thread
2 from time import sleep
3
4 def f1():
5     for _ in range(5):
6         print("appel 1")
7         sleep(0.01)
8
9 def f2():
10    for _ in range(5):
11        print("appel 2")
12        sleep(0.01)
13
14 p1 = Thread(target=f1)
15 p2 = Thread(target=f2)
16 p1.start()
17 p2.start()
```

Code 3 – Deux thread en parallèle

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

```
1 appel 1  
2 appel 2  
3 appel 1  
4 appel 1  
5 appel 2  
6 appel 1  
7 appel 2  
8 appel 1  
9 appel 2  
10 appel 2
```

Code 4 – L'interpréteur exécute les lignes de code parallèlement.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

1. Parallélisme

1.1 Programmation séquentielle

1.2 Programmation en parallèle

1.3 Répartition des tâches : solution à risques

2. Interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

**Répartition des tâches :
solution à risques**

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Répartition des tâches : solution à risques

```
1 from time import sleep
2 INTERMEDIAIRE = 0
3
4 def calcul():
5     global INTERMEDIAIRE
6     print("section non critique 1")
7     for c in range(400):
8         temp = INTERMEDIAIRE
9         # simule un traitement long
10        sleep(0.000000001)
11        INTERMEDIAIRE = temp + 1
12    print("section non critique 2")
13
14 calcul()
15 print(INTERMEDIAIRE)
```

Code 5 – Simuler un calcul (séquentiel) long

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Activité 4 :

1. Télécharger et extraire le dossier compressé `processus-prog-concurrente-annexe`.
2. Ouvrir le fichier `compteur_sequentielle.py` qui simule un calcul long.

Commentaire

- ▶ La variable globale `INTERMEDIAIRE` simule un résultat qui évolue quand le traitement long est terminé.
- ▶ La boucle est la **section critique** du calcul.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

La variable globale **INTERMEDIAIRE** contient 400 à la fin de l'exécution.

Partager les traitements longs

```
1 tab_threads = []
2 # Lance en parallèle 4 exécutions de calcul
3 for i in range(4):
4     p = Thread(target=calcul)
5     p.start()
6     tab_threads.append(p)
```

Code 6 – Exécution en parallèle

Le code 6 lance quatre processus en parallèle pour réaliser les calculs longs.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Activité 5 :

1. Ouvrir le fichier `compteur_thread.py`.
2. Dans la boucle de la fonction, remarquer que le nombre d'itérations a été divisé par 4.
3. Exécuter le programme.
4. Qu'observe-t-on ? Comment expliquer ce résultat ?

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

- ▶ La variable `temp` est locale : elle dépend de chaque appel de la fonction.
- ▶ La variable `INTERMEDIAIRE` est globale : elle est *partagée* entre les appels.

Un scénario possible :

- ▶ thread 1: $temp_1 = 10$
- ▶ thread 2: $temp_2 = 10$
- ▶ thread 3: $temp_3 = 10$
- ▶ fin thread 1: $INTERMEDIAIRE = temp_1 + 1 = 11$
- ▶ fin thread 2: $INTERMEDIAIRE = temp_2 + 1 = 11$
- ▶ thread 4: $temp_4 = 11$
- ▶ fin thread 3: $INTERMEDIAIRE = temp_3 + 1 = 11$
- ▶ fin thread 4: $INTERMEDIAIRE = temp_4 + 1 = 12$

$INTERMEDIAIRE$ vaut 12 alors qu'il y a eu 4 appels à la fonction calcul.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Observation

On ne maîtrise pas l'ordre d'exécution des threads.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Il est possible de bloquer l'exécution d'un thread pour l'obliger à attendre la fin d'une **section critique**.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Activité 6 :

1. Ouvrir le fichier `compteur_verrou.py`.
2. Interpréter le rôle du verrou.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

- ▶ `acquire` prend le verrou ou attend qu'il se libère.
- ▶ `release` libère le verrou.

`INTERMEDIAIRE` vaut 400 à la fin de l'exécution du programme.

1. Parallélisme

2. Interblocage

2.1 Exemple de situation

2.2 Conditions d'interblocage

2.3 Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Interblocage - exemple de situation

En 1997, la mission Mars Pathfinder rencontre un problème alors que le robot est déjà sur Mars. Après un certain temps, des données sont systématiquement perdues. Les ingénieurs découvrent alors un bug lié à la synchronisation de plusieurs tâches.

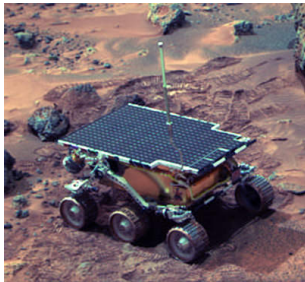


FIGURE 3 – Robot Pathfinder

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Considérons un robot qui possède 3 ressources :

- ▶ des **moteurs** qui lui permettent de se déplacer,
- ▶ une liaison **wifi** qui lui permet de communiquer,
- ▶ une **caméra** qui filme son environnement.

Il peut réaliser 3 tâches :

- ▶ le **pilotage manuel** qui reçoit les ordres par le wifi et actionne les moteurs,
- ▶ envoie le **flux vidéo** via la liaison wifi,
- ▶ fait un **autotest** matériel, hors liaison wifi.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

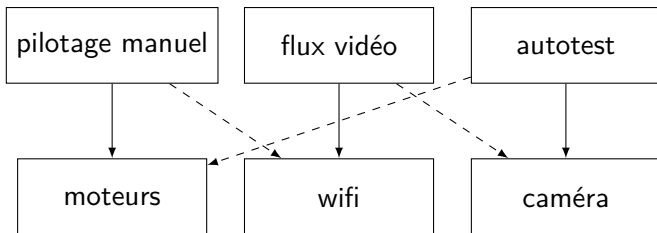
Traitement de l'interblocage

pilotage manuel	flux vidéo	autotest
Demande moteurs Demande wifi Libère moteurs Libère wifi	Demande wifi Demande caméra Libère wifi Libère caméra	Demande caméra Demande moteurs Libère caméra Libère moteurs

Tableau 1 – Détails des tâches

Imaginons le scénario :

- ▶ Le pilotage manuel demande les moteurs et les obtient.
- ▶ Le flux vidéo demande le wifi et l'obtient.
- ▶ L'autotest demande la caméra et l'obtient.
- ▶ Le pilotage manuel demande le wifi mais doit attendre que le flux vidéo le libère.
- ▶ Le flux vidéo demande la caméra mais doit attendre que l'autotest la libère.
- ▶ L'autotest demande les moteurs mais doit attendre que le pilotage manuel les libère.



Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Activité 7 :

1. Ouvrir le fichier `interblocage.py`.
2. Observer le cas d'interblocage. Appuyer deux fois sur `ctrl+C` pour tuer les processus.

1. Parallélisme

2. Interblocage

2.1 Exemple de situation

2.2 Conditions d'interblocage

2.3 Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Conditions d'interblocage

L'interblocage est le grand danger de la programmation concurrente. Il existe quatre conditions nécessaires à la présence d'un interblocage, décrites par Edward Grady Coffman en 1971 :

- ▶ **Exclusion mutuelle** : au moins une ressource doit être en accès exclusif.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Conditions d'interblocage

L'interblocage est le grand danger de la programmation concurrente. Il existe quatre conditions nécessaires à la présence d'un interblocage, décrites par Edward Grady Coffman en 1971 :

- ▶ **Exclusion mutuelle** : au moins une ressource doit être en accès exclusif.
- ▶ **Rétention et attente** : un processus détient une ressource et demande une autre ressource détenue par un autre processus.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Conditions d'interblocage

L'interblocage est le grand danger de la programmation concurrente. Il existe quatre conditions nécessaires à la présence d'un interblocage, décrites par Edward Grady Coffman en 1971 :

- ▶ **Exclusion mutuelle** : au moins une ressource doit être en accès exclusif.
- ▶ **Rétention et attente** : un processus détient une ressource et demande une autre ressource détenue par un autre processus.
- ▶ **Non préemption** : une ressource détenue par un processus ne peut être récupérée de force (*préemptée*) par un autre processus.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Conditions d'interblocage

L'interblocage est le grand danger de la programmation concurrente. Il existe quatre conditions nécessaires à la présence d'un interblocage, décrites par Edward Grady Coffman en 1971 :

- ▶ **Exclusion mutuelle** : au moins une ressource doit être en accès exclusif.
- ▶ **Rétention et attente** : un processus détient une ressource et demande une autre ressource détenue par un autre processus.
- ▶ **Non préemption** : une ressource détenue par un processus ne peut être récupérée de force (*préemptée*) par un autre processus.
- ▶ **Attente circulaire** : chaque processus attend une ressource détenue par un des autres.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

1. Parallélisme

2. Interblocage

2.1 Exemple de situation

2.2 Conditions d'interblocage

2.3 Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Traitement de l'interblocage

Sans rentrer dans le détail, nous pouvons citer les politiques mises en place pour traiter l'interblocage :

- ▶ **Politique de guérison** : le système maintient un état permanent des demandes de ressources et résout les éventuels interblocages en tuant un processus.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Traitement de l'interblocage

Sans rentrer dans le détail, nous pouvons citer les politiques mises en place pour traiter l'interblocage :

- ▶ **Politique de guérison** : le système maintient un état permanent des demandes de ressources et résout les éventuels interblocages en tuant un processus.
- ▶ **Politique de prévention** : le système fait en sorte que les quatre conditions ne soient jamais réunis. Par exemple, ne jamais donner une ressource si elle est déjà utilisée par un autre processus.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Traitement de l'interblocage

Sans rentrer dans le détail, nous pouvons citer les politiques mises en place pour traiter l'interblocage :

- ▶ **Politique de guérison** : le système maintient un état permanent des demandes de ressources et résout les éventuels interblocages en tuant un processus.
- ▶ **Politique de prévention** : le système fait en sorte que les quatre conditions ne soient jamais réunis. Par exemple, ne jamais donner une ressource si elle est déjà utilisée par un autre processus.
- ▶ **Politique de l'évitement** : à chaque demande de ressource, le système vérifie si cela peut causer un interblocage. Si tel est le cas, l'allocation est retardée.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Traitement de l'interblocage

Sans rentrer dans le détail, nous pouvons citer les politiques mises en place pour traiter l'interblocage :

- ▶ **Politique de guérison** : le système maintient un état permanent des demandes de ressources et résout les éventuels interblocages en tuant un processus.
- ▶ **Politique de prévention** : le système fait en sorte que les quatre conditions ne soient jamais réunis. Par exemple, ne jamais donner une ressource si elle est déjà utilisée par un autre processus.
- ▶ **Politique de l'évitement** : à chaque demande de ressource, le système vérifie si cela peut causer un interblocage. Si tel est le cas, l'allocation est retardée.
- ▶ **Politique de l'autruche** : on ne s'en occupe pas, et on se contente de redémarrer la machine quand trop de processus sont en interblocage. Les trois autres politiques étant très coûteuses cette solution n'est finalement pas si farfelue.

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

Parallélisme

Programmation séquentielle

Programmation en parallèle

Répartition des tâches :
solution à risques

Interblocage

Exemple de situation

Conditions d'interblocage

Traitement de l'interblocage

- ▶ <http://y.legouzouguec.free.fr>
- ▶ <http://lycee.educinfo.org/index.php?page=introduction&activite=processus>