IF 110 - Communication entre processus : communication par fichiers partagés

Joachim Bruneau-Queyreix

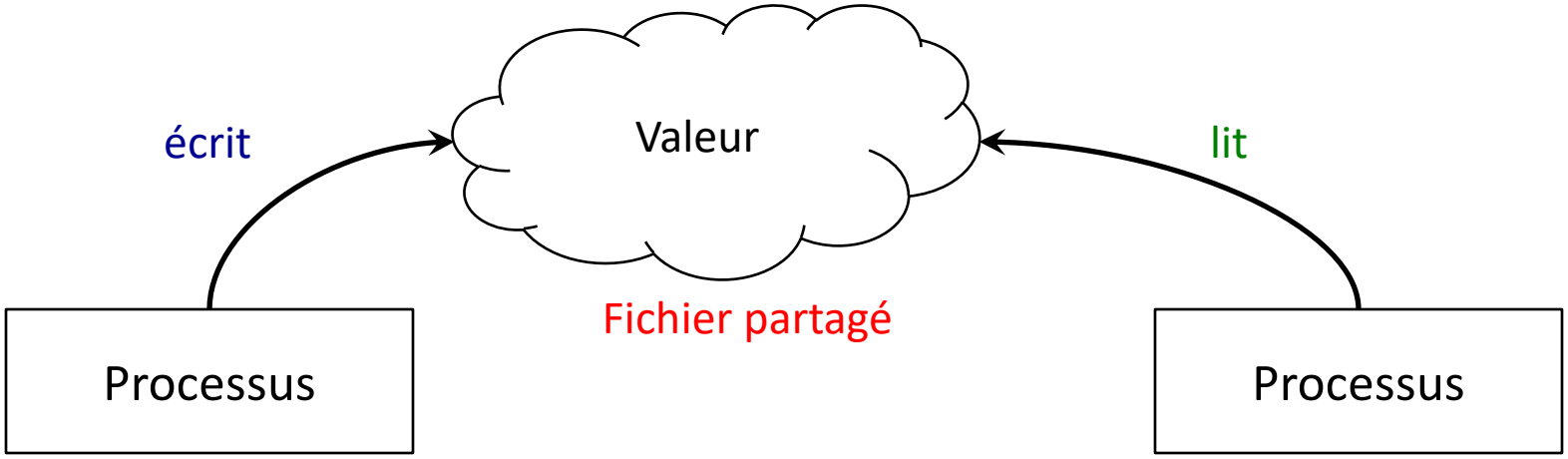
ENSEIRB-MATMECA

Bordeaux-INP

jbruneauqueyreix@enseirb-matmeca.fr

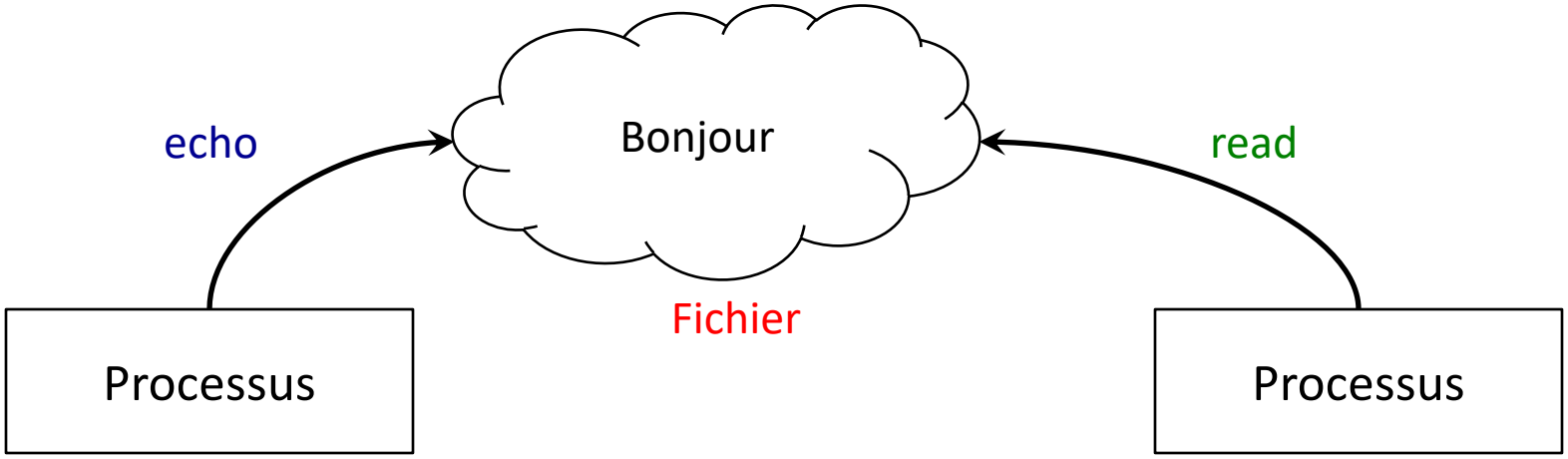
D'après le cours d'introduction aux systèmes d'exploitation de Télécom SudParis

Communication par fichiers partagés



- Des processus écrivent dans et lisent depuis un fichier partagé

Communication par fichiers partagés



- Exemple
  - P1 exécute : `echo "Bonjour" > f1`
  - P2 exécute : `read a < f1`
- Différence entre tube nommé et fichier
  - Tube nommé : messages supprimés après la lecture
  - Fichier partagé : données non supprimées après la lecture

Le problème des fichiers partagés

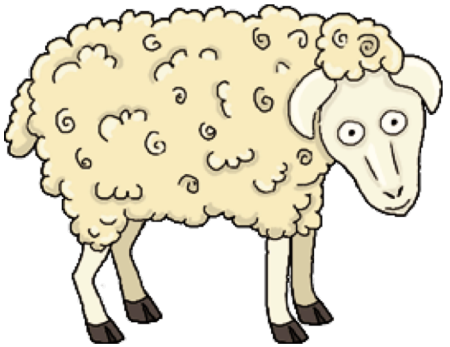
- Les fichiers peuvent être mis à jour concurremment
- Les accès concurrents aux fichiers partagés peuvent mener à des incohérences

Problème de la mise à jour concurrente

Deux enfants dessinent sur un tableau

Enfants 1 puis 2

Enfants 1 et 2 en parallèle



Enfants 2 puis 1

Donnée incohérente!

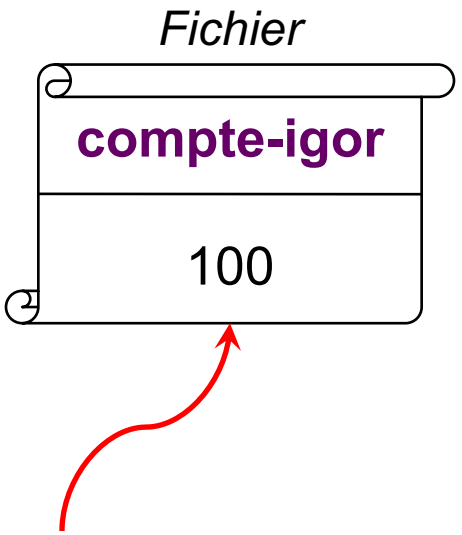
Problème de la mise à jour concurrente

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
```

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
```



Fichier partagée par P1 et P2

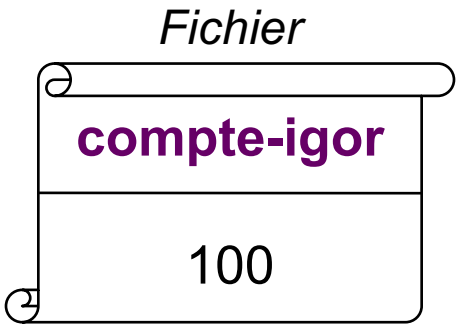
Problème de la mise à jour concurrente

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

- `read a < compte-igor`

  `a=$(expr $a + 2)` a : 100

  `echo $a > compte-igor`



P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

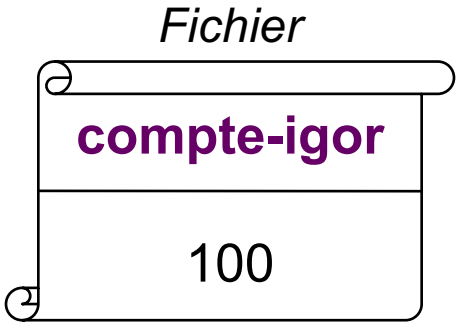
```
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
```

Problème de la mise à jour concurrente

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
```

a : 102



P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
```

Problème de la mise à jour concurrente

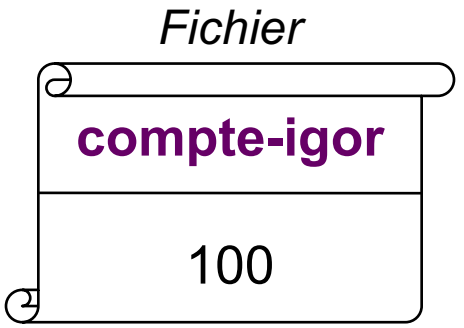
P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
```

a : 102

- `echo $a > compte-igor`

Commutation de P1 vers P2 avant le `echo`



P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

- `read b < compte-igor`

```
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
```

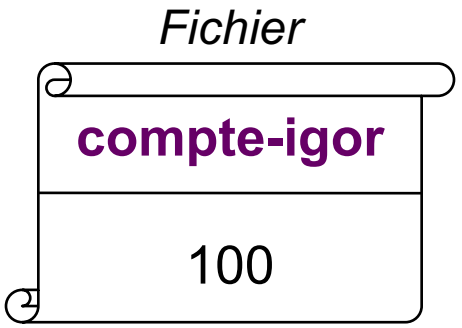
b : 100

Problème de la mise à jour concurrente

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
```

a : 102



P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
```

b : 0

Problème de la mise à jour concurrente

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
```

a : 102

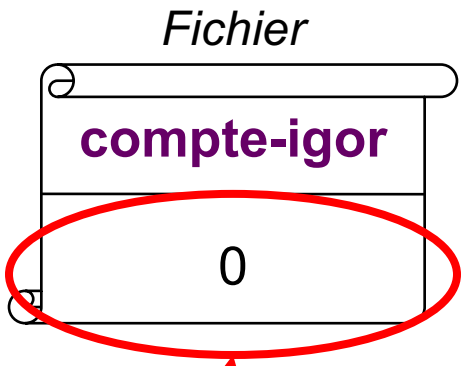
- `echo $a > compte-igor`

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
```

b : 0

- `echo $b > compte-igor`



Problème de la mise à jour concurrente

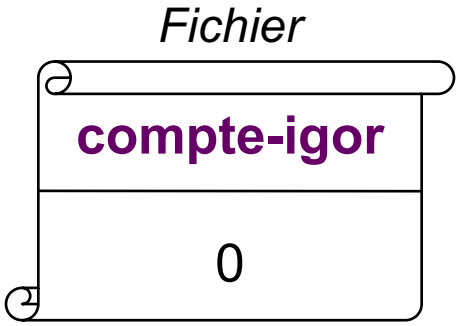
P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
```

a : 102

- `echo $a > compte-igor`

P2 se termine



Problème de la mise à jour concurrente

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

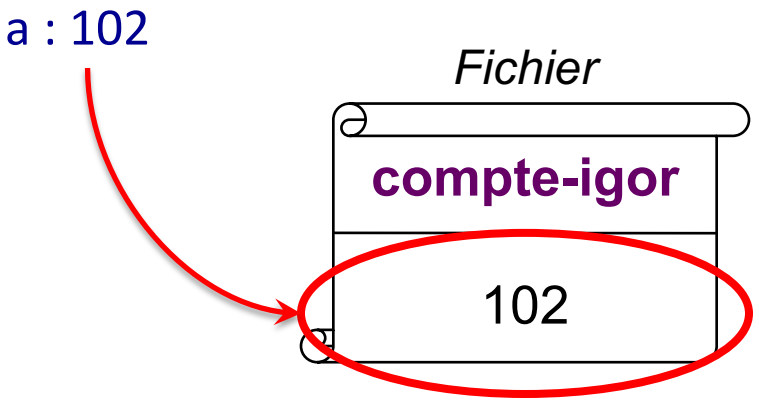
```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
```

- `echo $a > compte-igor`

P2 se termine

⇒ commutation de P2 vers P1

⇒ P1 exécute le `echo`



Le retrait de 100 euros a été perdu!

Principe de solution

Éviter que deux sections de code accédant au même fichier partagé puissent s'exécuter en même temps

⇒ on parle de sections de code en ***exclusion mutuelle***

Sections critiques : sections de code en exclusion mutuelle

⇒ les sections critiques s'exécutent entièrement l'une après l'autre

Remarque : une section critique est souvent en exclusion mutuelle avec elle-même

Mise en œuvre de l'exclusion : le verrou

- Mutex : verrou (lock) en exclusion mutuelle
- Principe :
  - Verrouille le verrou avant d'entrer en section critique
  - Déverrouille le verrou à la sortie d'une section critique
- Deux opérations atomiques

  Atomique : semble s'exécuter instantanément
  - P.sh : attend que le verrou soit déverrouillé pour le verrouiller

    P comme « puis-je? » *(Proberen = tester en Néerlandais)*
  - V.sh : déverrouille le verrou

    V comme « vas-y » *(Verhogen = incrémenter en Néerlandais)*

Mise en œuvre de l'exclusion : le verrou

- Le verrou a été introduit par Edsger W. Dijkstra en 1965

  E. W. Dijkstra. 1965. Solution of a problem in concurrent programming control. Commun. ACM 8, 9, pp. 569-569.

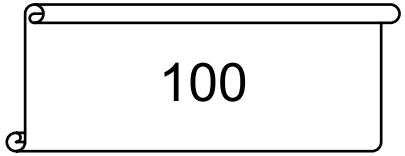
- Puis généralisé par Edsger W. Dijkstra avec les sémaphores

  E. W. Dijkstra. 1968. The structure of the "THE"-multiprogramming system. Commun. ACM 11, 5, pp. 341-346.

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

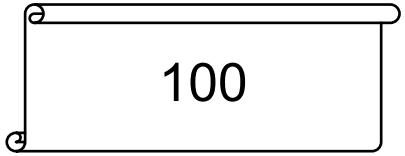
```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

- `P.sh compte-igor.lock`

```
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

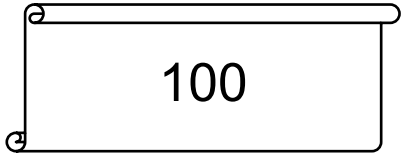
```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

a : 100



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

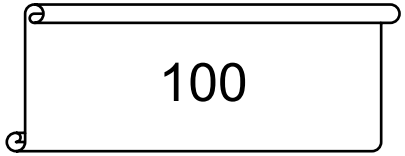
```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

a : 102



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

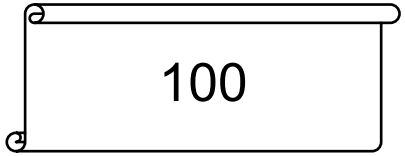
```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

a : 102



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

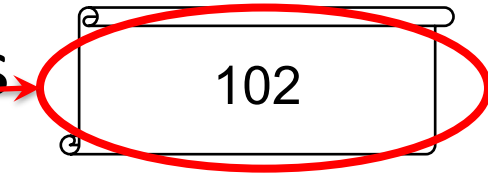
Commutation de P1 vers P2

P2 bloque car verrou pris

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```



a : 102

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

Commutation de P1 vers P2

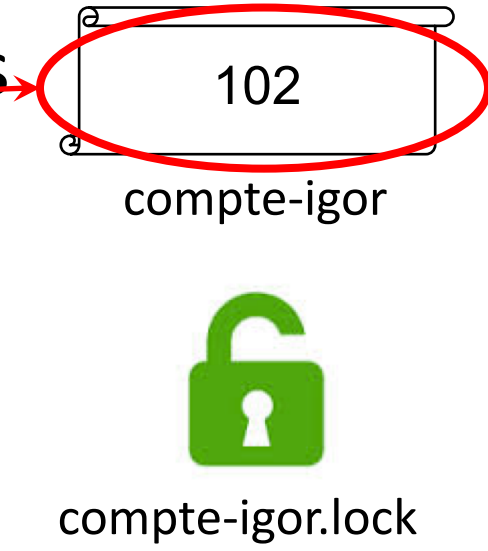
P2 bloque car verrou pris

⇒ réélection de P1

Exemple

P1 : crédite le compte d'Igor de 2 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read a < compte-igor
a=$(expr $a + 2)
echo $a > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```



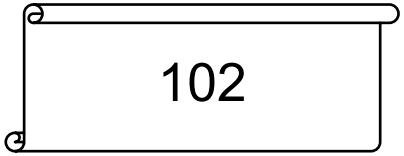
P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

P1 a terminé sa section critique

⇒ déverrouille le verrou

Exemple



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

- P.sh compte-igor.lock

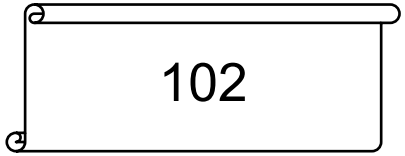
```
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

Fin P1

⇒ commutation vers P2

Et P2 prend le verrou

Exemple



compte-igor

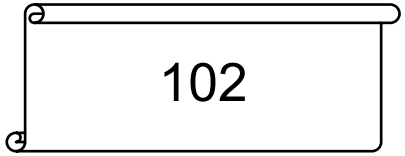
compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

b : 102

Exemple



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

b : 2

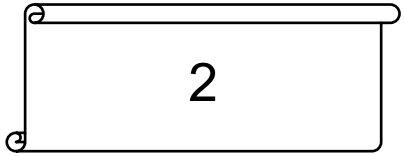
Exemple

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

b : 2

Exemple



compte-igor

compte-igor.lock

P2 : débite le compte d'Igor de 100 euros

```
P.sh compte-igor.lock
read b < compte-igor
b=$(expr $b - 100)
echo $b > compte-igor
V.sh compte-igor.lock
```

b : 2

Mise en œuvre en bash

P.sh

```
#! /bin/bash

if [ -z "$1" ]; then
   echo "Usage $0 mutex-name" >&1
   exit 1
else
   # the POSIX 'link' system call is supposed to be atomic on a local file   system
   # an nfs server is also supposed to execute it atomically (at least since the v2)
   while ! ln "$0" "$1" 2>/dev/null; do
       sleep 1
   done

   # On some filesystems (eg NTFS), ln may create a copy of the file instead of a hard link.
   # Thus, if another process calls P.sh, ln will overwrite the file instead of failing
   # We need to check if the created file is a hard link
   inode_src=$(ls -i $0 |cut -f 1 -d" ")
   inode_dest=$(ls -i $1 |cut -f 1 -d" ")

   if [ "$inode_src" != "$inode_dest" ]; then
      echo "Attention ! P.sh ne fonctionne pas sur votre système de fichier" >&2
      exit 1
   fi

   exit 0
fi
```

Mise en œuvre en bash

V.sh

```
#! /bin/bash

if [ -z "$1" ]; then
  echo "Usage $0 mutex-name" >&1
  exit 1
else
  rm "$1"
  exit 0
fi
```

Remarques

Un mutex ne sert à rien si une section critique ne le prend pas!

Si oublie de déverrouiller le mutex, en fin de section critique, l'application reste bloquée

Attention à l'inter-bloquage

- Processus P1

```
P.sh v1.lock
P.sh v2.lock
…
V.sh v2.lock
V.sh v1.lock
```

- Processus P2

```
P.sh v2.lock
P.sh v1.lock
…
V.sh v1.lock
V.sh v2.lock
```

v1.lock

v2.lock

Attention à l'inter-bloquage

- Processus P1
  - P.sh v1.lock
    P.sh v2.lock
    …
    V.sh v2.lock
    V.sh v1.lock
- Processus P2
  P.sh v2.lock
  P.sh v1.lock
  …
  V.sh v1.lock
  V.sh v2.lock

v1.lock

v2.lock

Attention à l'inter-bloquage

- Processus P1
  - P.sh v1.lock
  - P.sh v2.lock
  - …
  - V.sh v2.lock
  - V.sh v1.lock
- Processus P2
  - P.sh v2.lock
  - P.sh v1.lock
  - …
  - V.sh v1.lock
  - V.sh v2.lock

Commutation de P1 vers P2

v1.lock

v2.lock

Attention à l'inter-bloquage

- Processus P1
  - P.sh v1.lock
  - P.sh v2.lock
  - …
  - V.sh v2.lock
  - V.sh v1.lock
- Processus P2
  - P.sh v2.lock
  - P.sh v1.lock
  - …
  - V.sh v1.lock
  - V.sh v2.lock

P2 bloqué car v1.lock est pris par P1

v1.lock

v2.lock

Attention à l'inter-bloquage

- Processus P1
  - P.sh v1.lock
  - ➢ P.sh v2.lock
  - …
  - V.sh v2.lock
  - V.sh v1.lock
- Processus P2
  - P.sh v2.lock
  - ➢ P.sh v1.lock
  - …
  - V.sh v1.lock
  - V.sh v2.lock

Commutation de P2 vers P1

P1 bloqué car v2.lock est pris par P1

v1.lock

v2.lock

P2 bloqué car v1.lock est pris par P1

⇒ ni P1, ni P2 ne peuvent progresser…

Règle pour éviter l'inter-bloquage

Il faut toujours prendre les verrous dans le même ordre dans tous les processus

Notions clés

- Section critique : section de code en exclusion mutuelle
  - Deux sections critiques ne peuvent pas s'exécuter en parallèle
- Mise en œuvre des sections critiques avec des mutex :
  - `P.sh` : entrée en section critique

    Bloque tant qu'il existe un processus en section critique
  - `V.sh` : sortie de section critique
- Attention aux inter-bloquages : toujours prendre les mutex dans le même ordre dans tous les processus