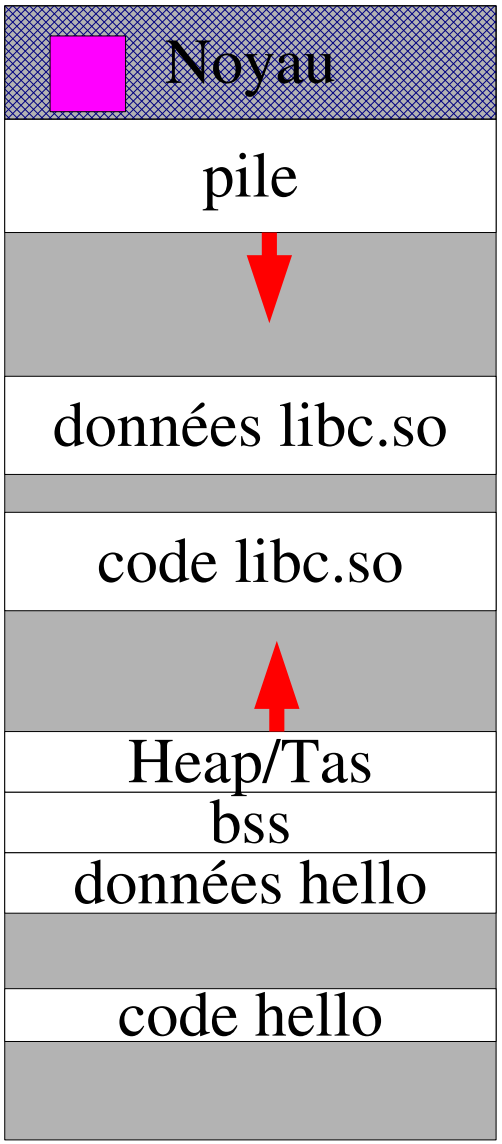
Informatique Embarquée
M2 / 2017

Processus, Threads, Synchronisation

Processus

- Code, données, tas, pile
  - Librairies
- Contexte système
  - Espace d'adressage,
  - Identificateurs,
  - Fichiers ouverts, répertoires
  - Utilisateur, groupe,
  - Signaux (handlers, reçus, ...)
  - Accounting (temps, I/O's,...)



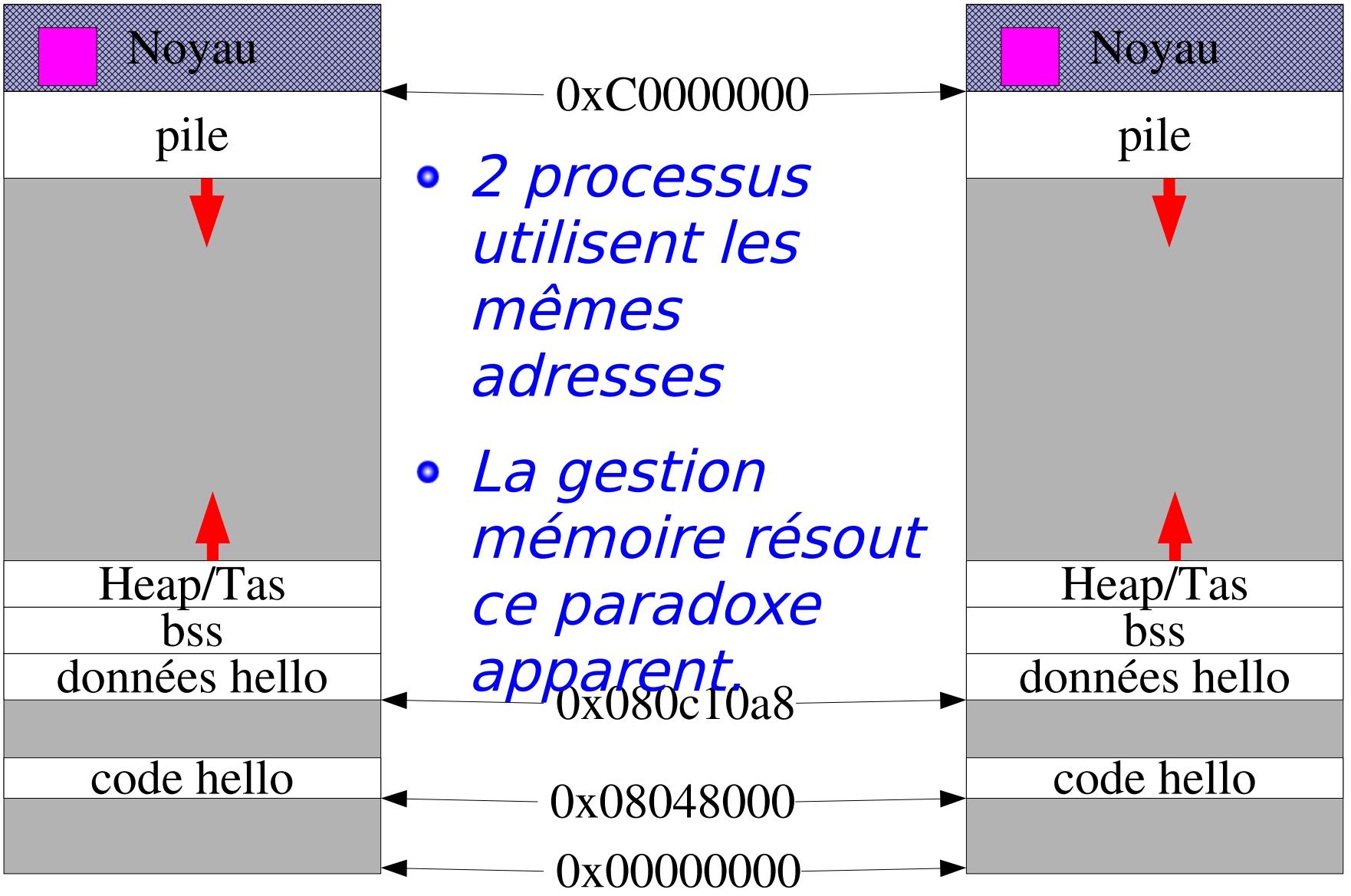
Espace Adressage

- Ensemble d'adresses « accessibles » par un un processus. En général: adresses « octets »
  - Question: Pourrait-on facilement porter un programme écrit en C sur une machine ayant des adresses mots (2 octets)?
- Espace « théorique » atteignable par un processus en C?
  - Sur une machine 32 bits : 2^{32} => 4 Giga octets
  - Sur une machine 64 bits : dépend taille

Espace Adressage

- Varie suivant le système sous-jacent:
- Espace d'adressage virtuel
  - Nécessite une machine physique ayant une MMU
    - Memory Management Unit (composant physique)
  - Chaque espace utilisateur est isolé. Pas de risque « bavures »
- Espace d'adressage physique (réel)
  - « Imposé » sur machines sans MMU
  - Selon les services fournis par l'OS sur les machines avec MMU
  - Pas de protection (isolation). Risques de « bavures »

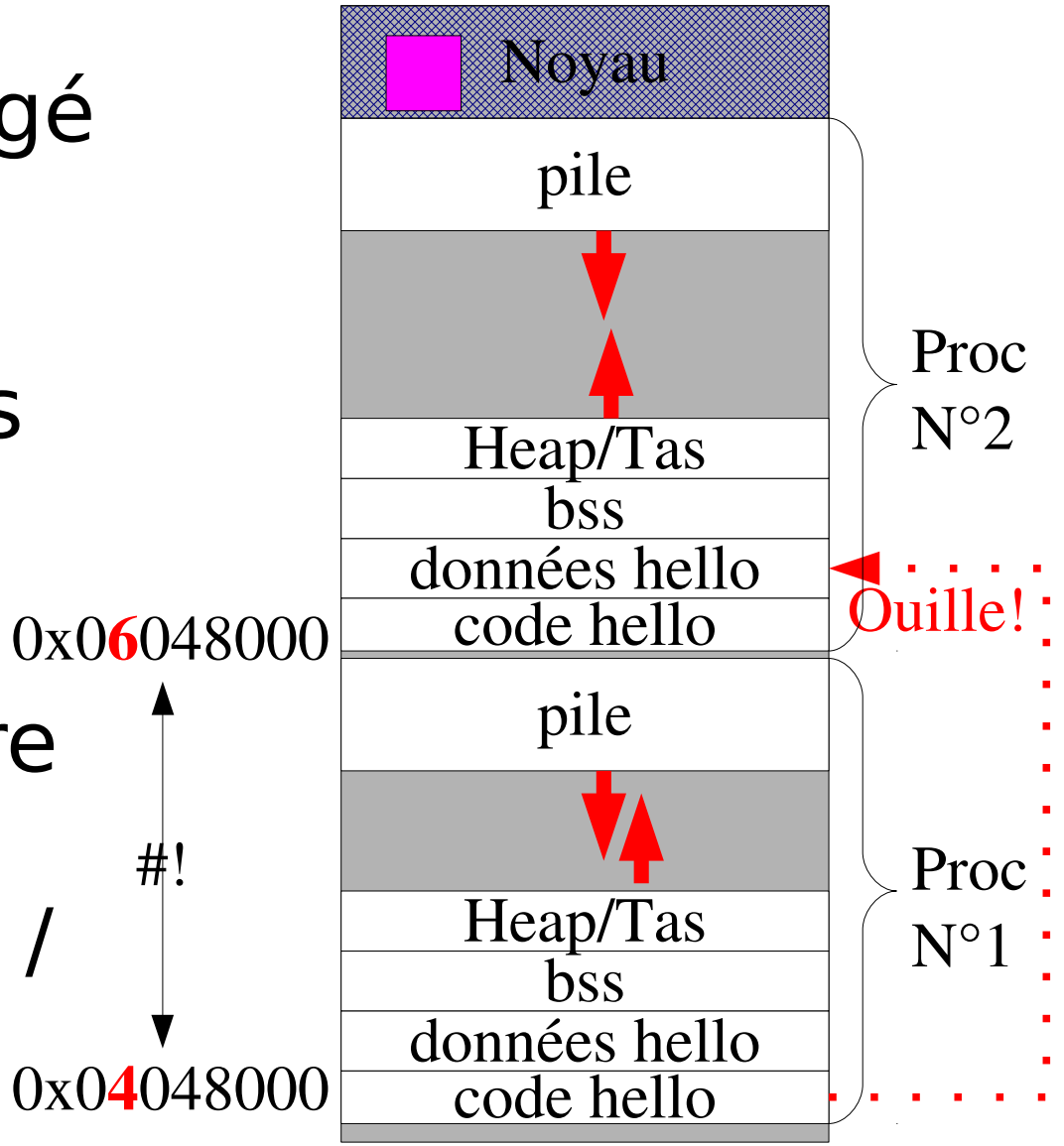
Mémoire virtuelle



- *2 processus utilisent les mêmes adresses*
- *La gestion mémoire résout ce paradoxe apparent.*

Mémoire physique

- Un seul espace d'adressage, partagé par tous les processus (et leurs zones de mémoires respectives).
- Souvent, il n'y a pas d'isolation entre processus. Un processus peut lire / écrire les données d'un autre...



Espace d'adressage Linux

- « Voir » l'espace d'un processus
  - `# cat /proc/pid/maps`
    - Voir la page « man » : `man proc`
- « Voir l'espace requis par un programme »
  - `# readelf -l hello`
- Changer les adresses par défaut
  - Options de l'éditeur de liens
    - Script pour des opérations complexes

Création d'un processus

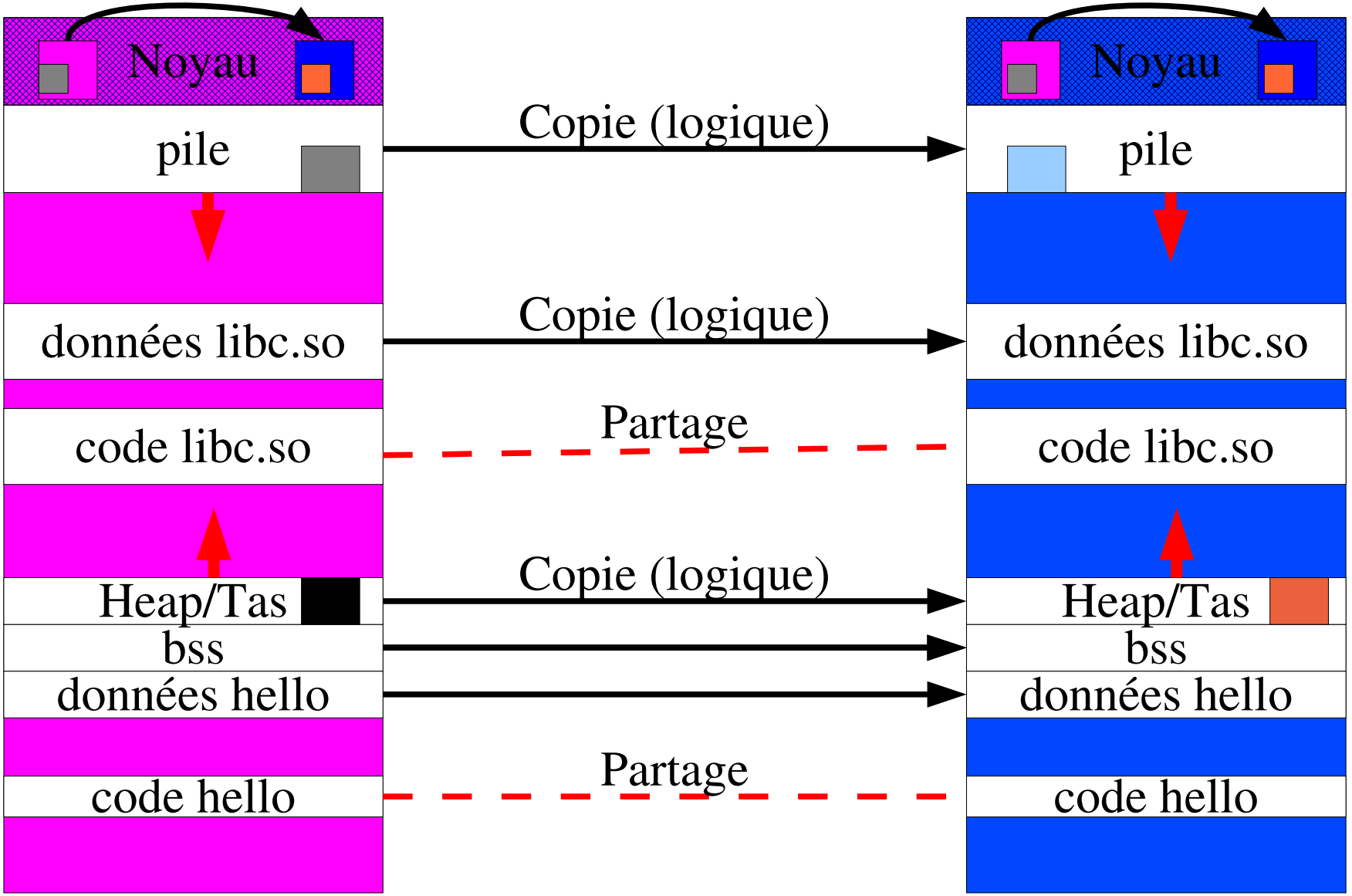
- Unix / Linux :
  - Par duplication d'un processus existant
  - fork() *// 1 appel, 2 retours!*

```
if ((pid = fork()) == 0) {
   // le nouveau processus: fils
   execlp(file,....); // nouveau prog
} else {
   // le processus pré-existant: père
   waitpid(pid,...);
}
```

Création d'un processus

- Autre possibilité :
  - vfork() // `sera étudié plus tard`
- Posix :
  - posix_spawn(file, ...) // *`peu utilisé`*
  - Sorte de fork + exec en une étape
  - Arguments permettent de manipuler le contexte comme on peut le faire « manuellement » entre la sortie du `fork` et l'appel à exec dans le processus fils.

Fork


Noyau
pile
données libc.so
code libc.so
Heap/Tas
bss
données hello
code hello
Copie (logique)
Copie (logique)
Partage
Copie (logique)
Partage
Noyau
pile
données libc.so
code libc.so
Heap/Tas
bss
données hello
code hello

Fork et espace d'adressage

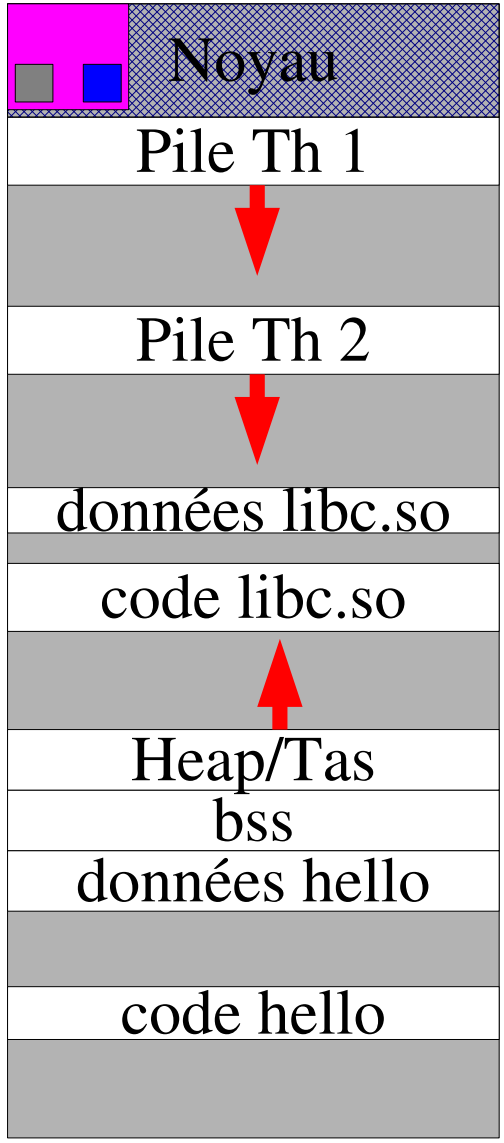
- Le nouveau processus reçoit une copie
  - Mêmes adresses pour code, données, tas, pile...
- Donc....
- Pas possible si pas d'espace d'adressage virtuel...
- Pas possible si la machine ne dispose pas de MMU.
  - Dans ces deux cas, il n'y a pas d'indirections entre les adresses vues par le processus et les adresses en mémoire physique.
- Sur les machines sans MMU, il faut pouvoir créer les processus autrement que par « clonage »
  - Par exemple: posix_spawn

Processus « trop lourds »

- Il faut d'autres moyens de créer des « activités » permettant de traiter de requêtes :
  - Un processus par requête, trop coûteux, trop gourmand en ressources
    - A la création
    - Lors de l'exécution : changement de contexte
  - Trouver un moyen d'avoir plusieurs exécutions en parallèle au sein du même processus.

pthread_create

- Espace adressage partagé
- Les piles ne sont pas protégées les unes des autres
- Handler de signaux peuvent être exécutés par n'importe quelle thread
  - Masquer les signaux dans les threads qui ne veulent pas être perturbées

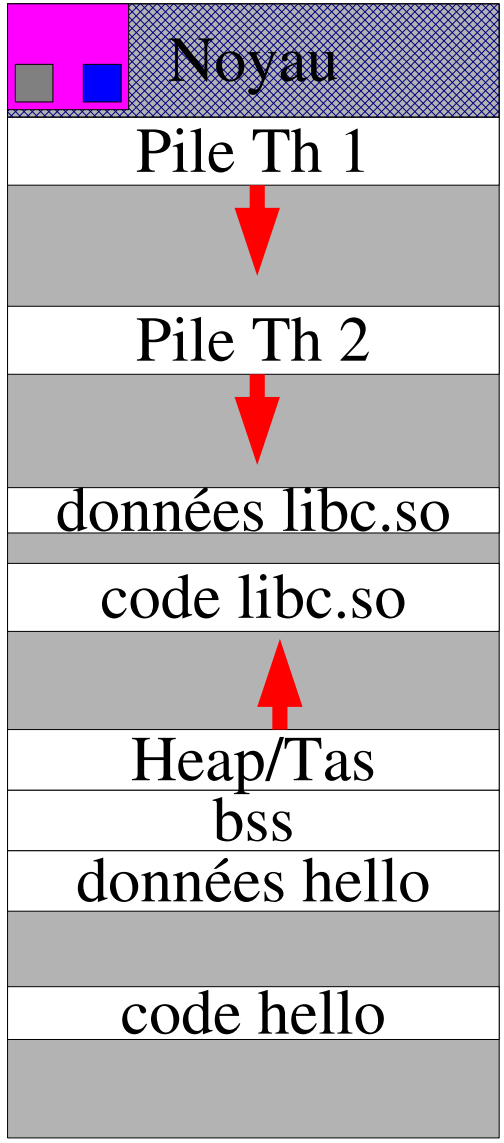


Manipuler les threads

- `pthread_create(th`^{out}`, attr`^{in}`, fn`^{in}`,arg`^{in}`)`
  - pthread_attr_init: Scheduling policy, parameters...
- `pthread_exit(void *val`^{in}`)`
  - Attention, exit() termine le processus (toutes les threads)
- `pthread_join(th`^{in}`,void **val`^{out}`)`
  - Attendre la fin d'une thread en particulier (~ `wait`)
- `pthread_self()`
  - Qui suis-je? Similaire à `getpid()`

pthread_create

- Espace adressage partagé
- Les piles ne sont pas protégées les unes des autres
- Handler de signaux peuvent être exécutés par n'importe quelle thread
  - Masquer les signaux dans les threads qui ne veulent pas être perturbées



Une fonction incrémente une variable

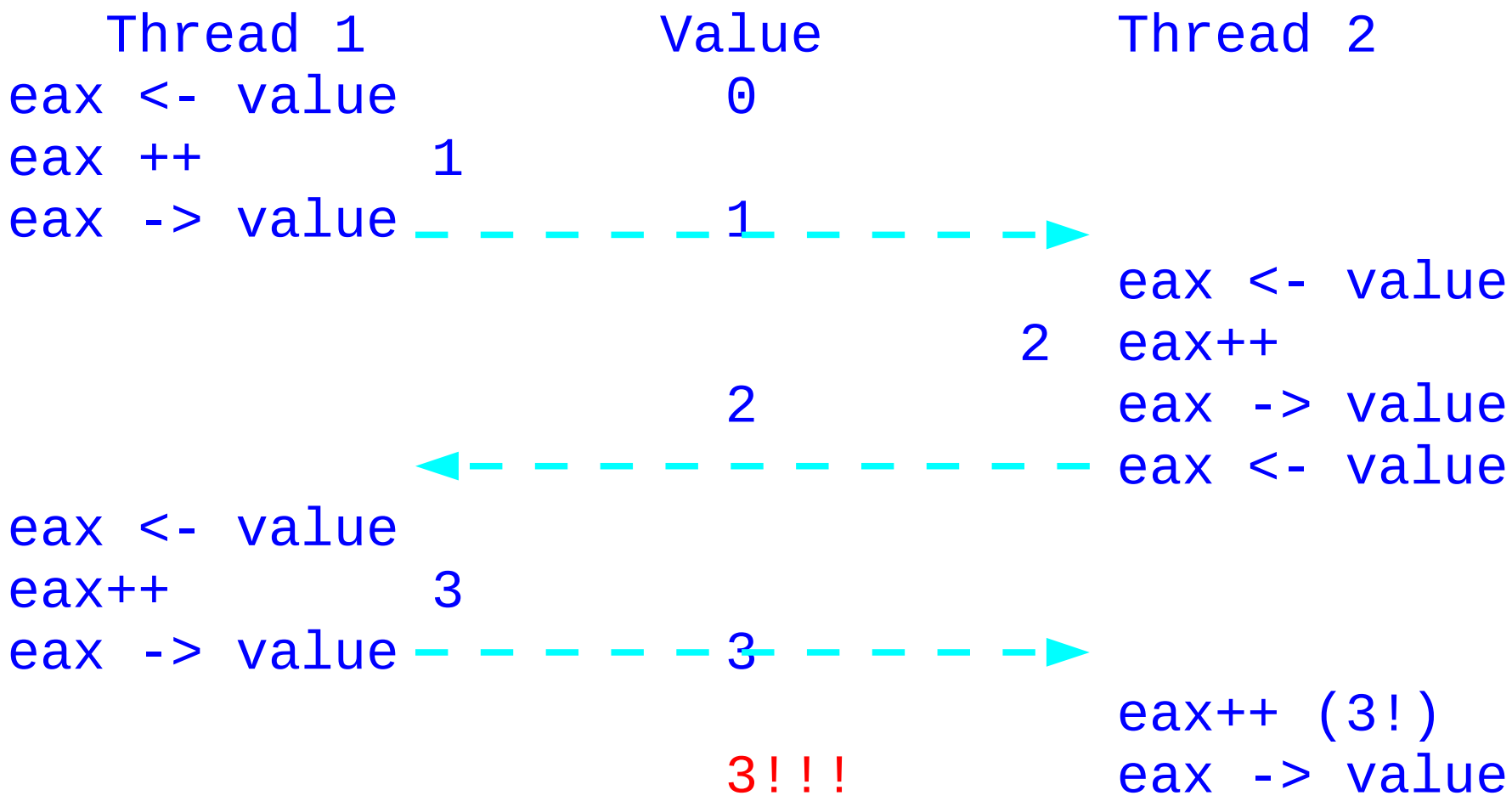
```
#define MAXLOOP 100000000
static int value;

void*  my_func(void *arg)
{
  int i;
  for (i =0; i < MAXLOOP; i++){
    value++;
  }
  return NULL;
}
```

Code généré... (sans -O2)

```
my_func:
        pushl   %ebp
        movl    %esp, %ebp
        subl    $16, %esp
        movl    $0, -4(%ebp)# i =0
        jmp     .L2
.L3:                        # Code associé à value++;
        movl    value, %eax # eax <- value
        addl    $1, %eax    # eax ++
        movl    %eax, value # eax -> value
        addl    $1, -4(%ebp)# i++
.L2:
        cmpl    $99999999, -4(%ebp)
        jle     .L3
```

Dépendance sur l'ordonnancement



On appelle cette fonction depuis 2 threads simultanément

```
main()
{
  pthread_t th1, th2;
  int res;

  res = pthread_create(&th1, NULL, my_func, NULL);

  res = pthread_create(&th2, NULL, my_func, NULL);

  res = pthread_join(th1, NULL);

  res = pthread_join(th2, NULL);

  printf("Value: %d\n", value);

}
```

Résultats à l'exécution ?

```
P# for i in 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
> do
> ./2threads
> done
Value: 162316776
Value: 168188618
Value: 166543199
Value: 157071774
Value: 164020788
Value: 151951843
Value: 157690216
Value: 163886857
Value: 180591873
Value: 159500167
# #Système Debian / VirtualBox monoprocesseur!
```

200 000 000?

Synchronisation : mutex

- Exclusion mutuelle:
  - Protège l'accès à une section de code
  - Section critique
    - Acquisition du mutex (bloquant si occupé)
      - Exécution code section critique
    - Relâche le mutex (débloque ceux qui attendent)
  - Acquisition / Relâchement
    - par le même processus
    - Ou la même thread

Synchronisation : mutex

- Services:
  - pthread_mutex_init, pthread_mutex_lock
  - pthread_mutex_unlock, pthread_mutex_try_lock
- Mutex:
  - Ressource (structure mémoire) dans l'espace d'adressage du processus,
  - En mémoire partagée entre 2 processus
- Ne pas confondre
  - Avec les sémaphores (voir plus loin)
  - Avec les sémaphores System V (`semget`)

Synchronisation : mutex

- Propriétés diverses:
  - Intra / Inter processus
  - Récursif, Sur, Détection de dépendance circulaire
  - Héritage de priorité...
    - Voir les problèmes d'inversion de priorité
      - Plus loin dans ce cours
- Plus il y a de propriétés, plus l'acquisition coûte cher!
  - On essaye de faire que l'acquisition d'un mutex libre n'entraine pas d'appel au noyau...
  - Utilisation de « Test and Set » ou supports similaires

Synchronisation : sémaphores

- Le mutex protège une section critique contre des exécutions concurrentes simultanées
  - Permet une sérialisation des traitements.
- Quid si on veut synchroniser des jobs d'impression vers 2 imprimantes?
  - Utilisation de sémaphore

Sémaphore

- Un sémaphore est associé à une valeur
  - Lors de son initialisation,
  - Dans notre cas : 2 (2 imprimantes)
- Pour pouvoir imprimer, il faut faire une opération **P()**, *prendre, puis-je..,* sur le sémaphore...
- Quand on a fini d'imprimer, on fait une opération **V()**, *vendre, vas-y..,* sur le sémaphore

P() et V()

- P()
  - Si cpt <= 0
    - Attendre
  - Sinon
    - Cpt --, continuer
- V()
  - Cpt ++
  - Si quelqu'un en attente, le réveiller (un seul!)
- Voir la page wikipédia en français...

Mutex Posix

```
#include <semaphore.h>
int sem_init(sem_t*s, int psh, uint v);
int sem_trywait(sem_t *sem);
int sem_wait(sem_t *sem);
int sem_post(sem_t *sem);
int sem_timedwait(sem_t *sem,struct timespec *t);
```

Named semaphores

- Existent dans l'espace de nommage (« fichiers »)

```
sem_t *sem_open(char *name, int oflag, ...);

int sem_close(sem_t *sem);

int sem_unlink(const char *name);
```

Semaphores IPC System V

```
#include <sys/sem.h>

int semget(key_t key, int n, int semflg);

int semop(int semid, struct sembuf *sops,
          size_t nsops);
```

Cas particuliers

- Sémaphore « binaire » : 0 ou 1
  - Ne laisse travailler qu'un processus / thread
- Sémaphore initialisé à 0!

  TH1 (s1) TH2

  P(s1) -> bloquée!

  V(s1) -> réveille TH1
  - Marche même si P() et V() exécutés dans un ordre différent!