UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Processus et Threads

Présentation: **Stéphane Lavirotte**
Auteurs: ... et al*

(*) Cours réalisé grâce aux documents de :
Stéphane Lavirotte, Christophe Morvan

Mail: Stephane.Lavirotte@univ-cotedazur.fr
Web: http://stephane.lavirotte.com/
Université Côte d'Azur

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Processus vs Threads

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Rappel Notion de Processus

- ✓ Entité dynamique
  - Contexte d'exécution d'un programme séquentiel
  - Entité active opérant sur son environnement en exécutant un programme
- ✓ Etat courant de la « *machine virtuelle* » exécutant le programme associé au processus
  - Inclut l'état [d'une partie] de la machine physique
- ✓ Entité d'attribution du CPU

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Pourquoi avoir des Processus ?

- ✓ La programmation d'un processus
  - ne tient pas compte de l'existence simultanée d'autres processus
  - y compris l'existence de plusieurs instances du même processus
- ✓ Gain de vitesse
  - Le processeur est l'élément le plus rapide d'un ordinateur
  - La plupart des processus interagissent avec:
    - La mémoire
    - Les unités de stockage
    - Le réseau
    - Les utilisateurs
  - Lorsqu'un processus attend des données, un autre peut s'exécuter
- ✓ Les principes de processus et de parallélisation sont anciens

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Pourquoi `fork()` ?

- ✓ **Observation**
  - Dans la plupart des cas, `fork` est suivi de l'appel à `execxx()`
  - Certains systèmes utilisent une combinaison des deux appels
- ✓ **Néanmoins**
  - Il est parfois utile de faire un simple `fork`
  - Le gain le plus manifeste est celui de la simplicité
    - Globalement on souhaiterait manipuler plusieurs aspects du processus fils
      - Descripteur de fichier, variables d'environnement, droits, ...
    - `fork()` n'utilise aucun paramètre
- ✓ **En l'absence de `fork`**
  - La création de processus nécessite une multitude de paramètres

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Se passer de `fork()` ?

- ✓ **Interface Win32 de création de processus**

```
BOOL WINAPI CreateProcess(
__in_opt     LPCTSTR lpApplicationName,
__inout_opt  LPTSTR lpCommandLine,
__in_opt     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpProcessAttributes,
__in_opt     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,
__in         BOOL bInheritHandles,
__in         DWORD dwCreationFlags,
__in_opt     LPVOID lpEnvironment,
__in_opt     LPCTSTR lpCurrentDirectory,
__in         LPSTARTUPINFO lpStartupInfo,
__out        LPPROCESS_INFORMATION lpProcessInformation
);
```

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Limitation des Processus

- ✓ Un processus regroupe 2 concepts
  - Des ressources (données, fichiers...)
  - Une exécution
- ✓ Les processus sont une abstraction pour grouper des ressources
- ✓ Les processus induisent une certaine lourdeur
  - Changement de contexte
    - Contexte lourd, coûteux à créer et à détruire
    - Pas efficace (changement de contexte lent)
    - Contexte mémoire important
  - Pas (peu) de partage de mémoire
    - Pas intégré dans les langages de programmation
    - Offerts par services OS complexes, pas souples (IPC)
  - Un processus pourrait tirer parti d'une architecture multiprocesseurs/multi-cœurs

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

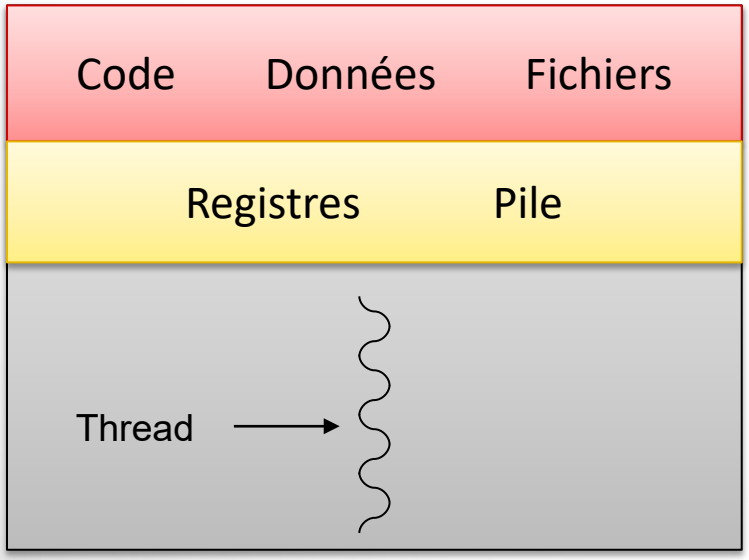
Introduction Notion de Threads

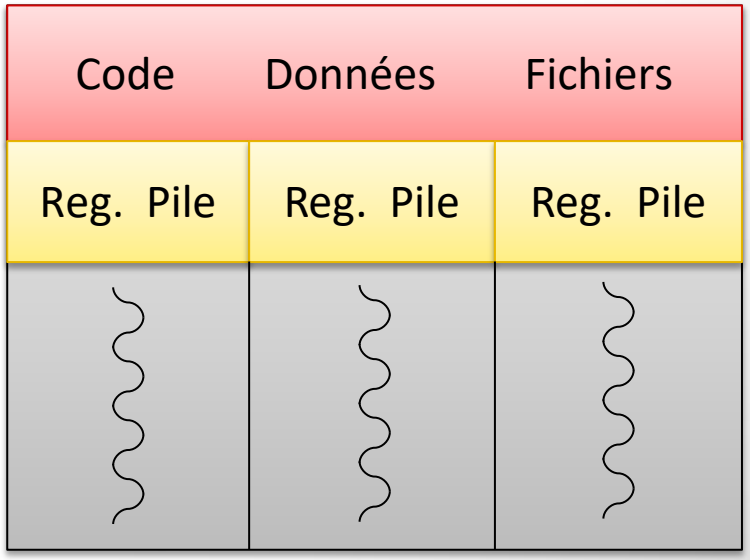
- ✓ Un thread est une abstraction de l'exécution
- ✓ Notion combinant les avantages suivants :
  - Exécution parallèle
  - Partage code et données applicatifs communs
- ✓ Facile à mettre en œuvre
  - Programmable
  - Contrôlable
  - Configurable
- ✓ Efficace et passe à l'échelle
- ✓ Les Threads permettent donc :
  - d'intégrer dans la programmation des applications les bénéfices de la programmation parallèle
  - Tout en conservant une partie de la légèreté de la programmation classique (en particulier vis-à-vis de la mémoire)

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Threads

- ✓ *Un thread est un contexte d'exécution ordonnable*
  - *Comprend un compteur ordinal, des registres et une pile*
    - *Chaque thread a son propre compteur de programme*
  - *Plusieurs threads partagent le même espace mémoire*
  - *Il n'y a pas de protections entre les threads d'un même processus*
  - *Les programmes simples comportent un seul thread → pas de surcoût*





UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Données Processus vs Threads

- ✓ Données par processus
  - Espace d'adressage
  - Variables globales
  - Fichiers ouverts
  - Processus fils
  - Alarmes en attente
  - Signaux et gestionnaires de signaux
  - Informations de comptabilité
- ✓ Données par thread
  - Compteur d'instruction
  - Registres
  - Pile
  - État

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Intérêts des Threads

- ✓ Dans une application, plusieurs activités s'exécutent en parallèle
  - Les threads sont un bon modèle de programmation
  - Comme les processus
- ✓ Les threads partagent le même espace mémoire
  - Plus efficace que les mécanismes fournis par les OS (IPC)
  - Indispensable pour certaines applications
- ✓ Les threads ont peu d'information propre
  - Très faciles à créer/détruire
  - En général, 100 fois plus rapide à créer qu'un processus
- ✓ Permettent de recouvrir le calcul et les I/Os
  - Si les threads ne font que du calcul, peu d'intérêt
- ✓ Très pratique sur les systèmes multi processeurs/cœurs

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Problèmes soulevés par les Threads

- ✓ Que se passe-t-il lorsqu'un processus possédant plusieurs threads fait l'appel système `fork()` ?
- ✓ Problème:
  - Les threads sont ils recréés ?
    - non : blocages
    - oui : problème de lourdeur. Et que faire des attentes éventuelles ? (clavier, réseau,...)
- ✓ Au vu des données partagées, les risques d'erreurs sont nombreux:
  - double allocation de mémoire
  - fermeture accidentelle de fichier
- ✓ Ces problèmes peuvent être résolus, mais demande une conception soignée, et des arbitrages

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

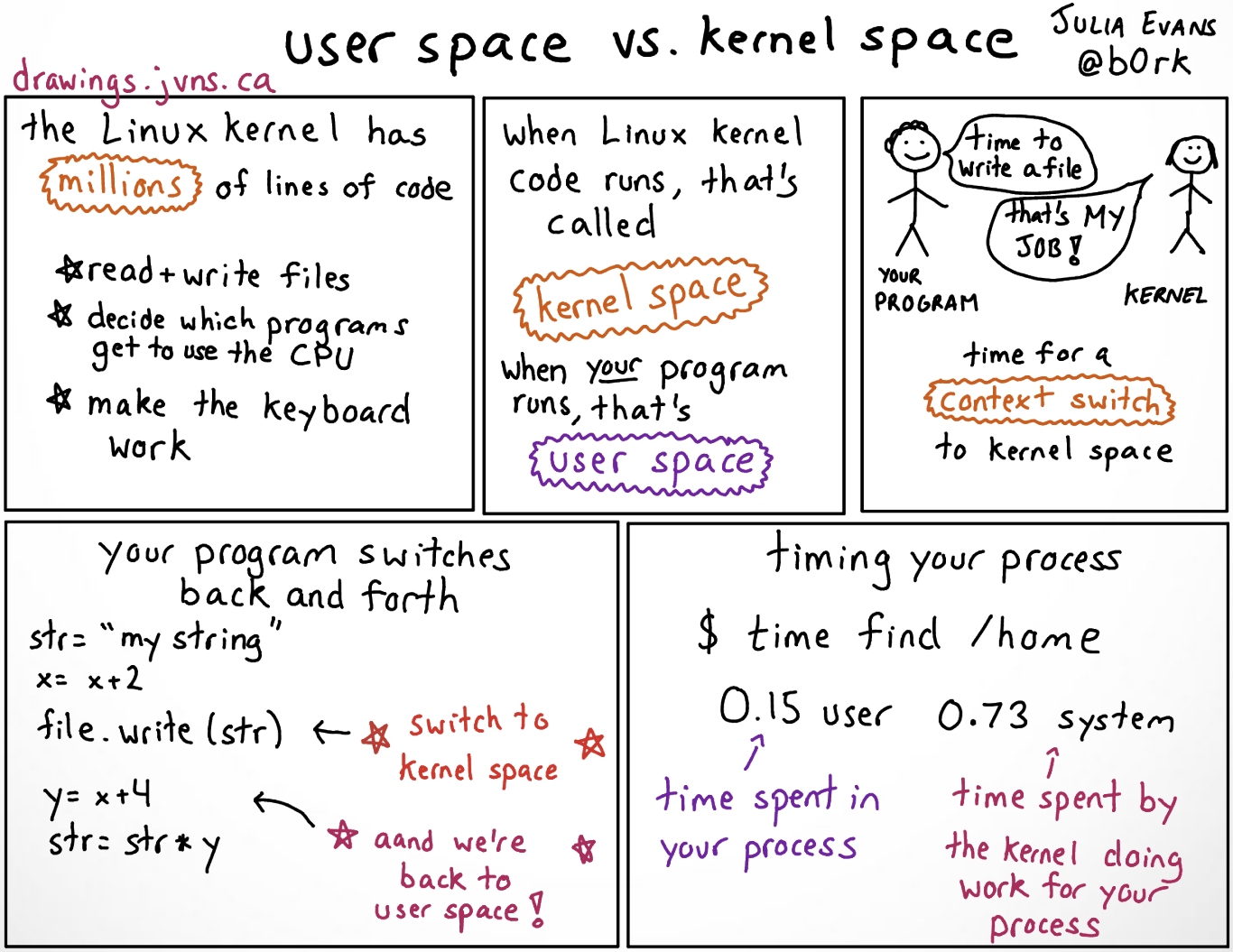
Mise en œuvre des Threads

Implémentation des Threads

User Space / Kernel Space

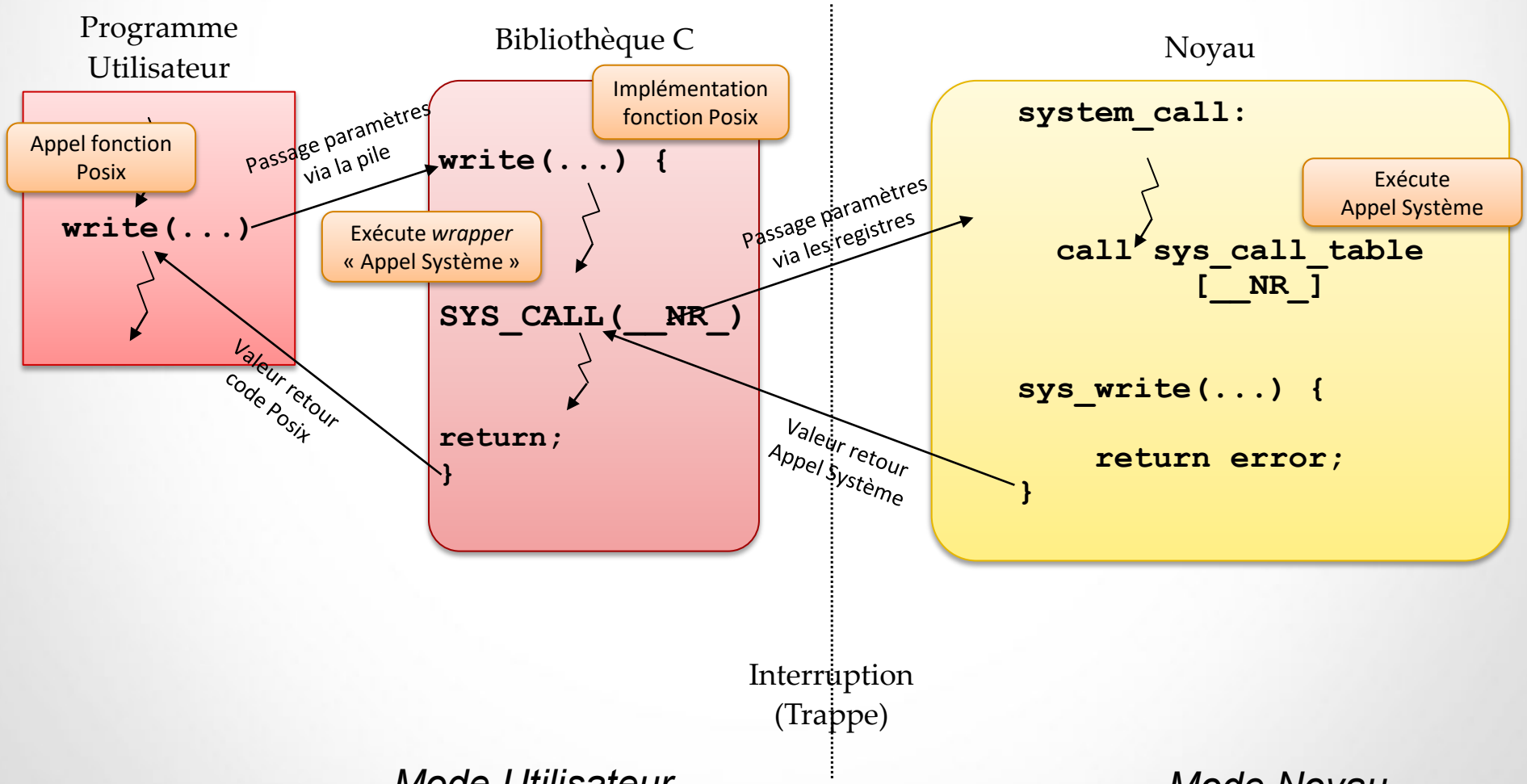
UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

User Space vs Kernel Space



UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Illustration du User Space / Kernel Space



UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Implémentation des Threads en *User Space*

- ✓ Il est possible de créer une bibliothèque en espace utilisateur pour les threads
- ✓ Principes
  - Un seul processus
  - Un seul thread noyau
  - Les fonctions de création de thread sont des appels de bibliothèque
- ✓ Chaque processus a une table de threads
  - Contient les informations pour les threads du processus
  - Mise à jour quand changement d'état
- ✓ Si un thread va faire une opération potentiellement bloquante
  - Il appelle une méthode spéciale
  - Cette méthode vérifie si le thread doit être mis en attente
  - Si oui, modification de la table, recherche d'un autre thread, chargement du PC et registres...

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Avantages et Inconvénients des Threads en *User Space*

- ✓ Avantages
  - Changement de thread (« *thread switching* ») très rapide
    - Pas de passage en *kernel space*
  - Permet à un programme d'avoir son propre ordonnanceur
- ✓ Inconvénients
  - N'utilise pas les multiprocesseurs
  - Les appels systèmes bloquant bloquent tous les threads
    - Ex: lire une touche d'un clavier, peut être bloquant ou pas
    - Solution : wrapper les appels système pour les rendre non bloquants
      - Il est possible d'utiliser ses propres fonctions pour les accès réseau
      - en général c'est impossible pour accéder au disque
  - Un défaut de page bloque tous les threads
  - Eventualité d'inter-blocages, les threads doivent collaborer
    - `thread_yield`
- ✓ En pratique beaucoup de travail/contraintes pour gérer le blocage et l'ordonnancement
  - Alors que c'est l'intérêt des threads

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Implémentation des Threads en *Kernel Space*

- ✓ Le noyau gère les threads
  - Il a une table des threads dans le système
- ✓ La création et la destruction sont effectués par le noyau à travers des appels système
  - Plus coûteux qu'en user space
  - Utilisation de pools de threads
- ✓ Quand un thread bloque, le noyau peut choisir un autre thread
  - du même processus
  - Ou pas

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Avantages et Inconvénients des Threads en *Kernel Space*

- ✓ Avantages
  - Les appels systèmes bloquants ne bloquent que le thread concerné
- ✓ Inconvénients
  - Toutes les opérations sur les thread sont résolues par des appels système
  - 10 à 30 fois plus lent
  - Doit être universel → le coût des options moins usuelles est payé par tous les utilisateurs
  - Plus gourmand en mémoire

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Autres approches

- ✓ Entrelacement
  - Le principe est de permettre les deux modes de fonctionnement :
    - Exécuter *n* threads utilisateurs sur *p* threads noyau
  - Le programmeur est maître de ses priorités
  - Le noyau ignore l'importance de chaque thread noyau

- ✓ Threads spontanés
  - Il s'agit d'associer un événement à la création d'un thread
  - Cette approche est légère car les threads ainsi créés ont une durée de vie limitée (exemple traiter un message arrivant sur le réseau)

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR

Threads POSIX

- ✓ **La norme POSIX définit l'API pthreads (POSIX 1.c)**

```
#include <pthread.h>
```

- ✓ **Création**

```
int pthread_create(pthread_t *thread,
                   const pthread_attr_t *attr,
                   void *(*start_routine) (void *),
                   void *arg);
```

- ✓ **Destruction**

```
void pthread_exit(void *retval);
```

- ✓ **Attente d'un autre thread**
  - `int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);`
- ✓ `pthread_attr_init`: **permet de créer et initialiser la structure de type** `pthread_attr_t`
- ✓ **L'appel** `pthread_yield` **permet à un thread de rendre la main**

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Pthread sous Linux

- ✓ L'API pthread sous Linux est implémentée en espace noyau.
- ✓ Historiquement (avant le noyau 2.6)
  - LinuxThreads était l'implémentation
  - Elle n'était pas conforme avec POSIX
- ✓ Depuis le noyau 2.6
  - NPTL (Native Posix Thread Library) offre un implémentation plus performante
  - Conforme à POSIX
  - Avec NTPL, tous les threads d'un même processus ont le même identifiant

UNIVERSITÉ
CÔTE D'AZUR

Conclusion

- ✓ Sur le plan de l'utilisation la programmation multithread est bien plus complexe que l'approche mono-thread
- ✓ Réentrance
  - Cette notion caractérise le fait de pouvoir être utilisé simultanément par plusieurs tâches
  - Une fonction réentrante permet d'être appelée dans un programme multithread et de toujours fournir un résultat consistant
- ✓ Dans ce type de programmation :
  - soit mécanismes de synchronisation
  - soit fonctions réentrantes