

---

# Communications et synchronisations

---

Louis Mandel

`louis.mandel@lri.fr`

Laboratoire de Recherche en Informatique

Université Paris-Sud 11

IFIPS

Cycle ingénieur de la filière étudiant

année 2008/2009

## Le problème des philosophes (Dijkstra 1965)

---

- ▶ Cinq philosophes sont assis autour d'une table ronde
- ▶ Chaque philosophe a devant lui un plat de spaghettis tellement glissants qu'il faut deux fourchettes pour pouvoir les manger
- ▶ Une fourchette sépare chaque plat (il y a donc autant de plats que de philosophes que de fourchettes)
- ▶ Le comportement de chaque philosophe est le suivant :

```
while (1) {  
    penser();  
    obtenir_fourchettes();  
    manger();  
    relacher_fourchettes();  
}
```

- ▶ Les fourchettes représentent des ressources que le processus doit détenir exclusivement pour pouvoir continuer à travailler

# Le problème des philosophes

---

- ▶ Écrire le code des fonctions `obtenir_fourchettes` et `relacher_fourchettes`, de telle sorte que les contraintes suivantes soit satisfaites :

- ▷ Un seul philosophe à la fois peut détenir une fourchette
- ▷ Les processus ne doivent pas arriver à un interblocage
- ▷ Plusieurs philosophes doivent pouvoir manger en même temps
- ▷ Un philosophe ne doit mourir de faim en attendant une fourchette

- ▶ On donne le code suivant :

```
#define NbPhilo 5  
int gauche(int i) { return (i+1)%NbPhilo; }  
int droite(int i) { return i; }  
pthread_mutex_t fourchettes[NbPhilo];
```

- ▶ les mutex sont initialisés

```
for (i=0; i < NbPhilo; i++) { pthread_mutex_init(&fourchettes[i], NULL); }
```

```
pthread_mutex_t fourchettes[NbPhilo];
```

```
void obtenir_fourchettes(int i) {  
    pthread_mutex_lock(&fourchettes[gauche(i)]);  
    pthread_mutex_lock(&fourchettes[droite(i)]);  
}
```

```
void relacher_fourchettes(int i) {  
    pthread_mutex_unlock(&fourchettes[gauche(i)]);  
    pthread_mutex_unlock(&fourchettes[droite(i)]);  
}
```

► Interblocage

```
int fourchettes[NbPhilo];
pthread_mutex_t mutex;
void obtenir_fourchettes(int i) {
    int ok = 0;
    while (!ok) {
        pthread_mutex_lock(&mutex);
        if ( fourchettes[gauche(i)] && fourchettes[droite(i)] ) {
            fourchettes[gauche(i)] = fourchettes[droite(i)] = 0;
            ok = 1;
        }
        pthread_mutex_unlock(&mutex);
    }
}
void relacher_fourchettes(int i) {
    pthread_mutex_lock(&mutex);
    fourchettes[gauche(i)] = fourchettes[droite(i)] = 1;
    pthread_mutex_unlock(&mutex);
}
```

## ► Famine

# Le problème des philosophes : solution 3

(philos-3.c)

```
pthread_mutex_t fourchettes[NbPhilo];

void obtenir_fourchettes(int i) {
    int f1, f2;

    if (i == 0) {
        f1 = droite(i);
        f2 = gauche(i);
    } else {
        f1 = gauche(i);
        f2 = droite(i);
    }
    pthread_mutex_lock(&fourchettes[f1]);
    pthread_mutex_lock(&fourchettes[f2]);
}

void relacher_fourchettes(int i) {
    pthread_mutex_unlock(&fourchettes[gauche(i)]);
    pthread_mutex_unlock(&fourchettes[droite(i)]);
}
```

► OK

# Les sémaphores

---

- ▶ Sémaphores
  - ▷ Un compteur
  - ▷ Une file d'activités en attente
- ▶ Compteur associé au sémaphore
  - ▷ nombre de jetons
  - ▷ valeur positive = nombre d'activités pouvant acquérir librement la ressource
  - ▷ valeur négative = nombre d'activités bloquées en attente de la ressource

# Les sémaphores

---

- ▶ Primitives pour l'utilisation des sémaphores
  - ▷ Création / initialisation : nombre initial de jetons
  - ▷ Prendre
    - ▷ classiquement noté P (puis-je ?)
    - ▷ attribue un jeton à l'activité demandeuse s'il en reste un
    - ▷ la bloque sinon
  - ▷ Libérer
    - ▷ classiquement noté V (vas-y !)
    - ▷ rend un jeton
    - ▷ débloque une activité s'il en existe une en attente

# Syntaxe des sémaphores

---

```
#include <semaphore.h>
int sem_init(sem_t *sem, int pshared, unsigned int value);
int sem_destroy(sem_t *sem);
int sem_wait(sem_t *sem);
int sem_post(sem_t *sem);
```

```
pthread_mutex_t fourchettes[NbPhilo];
sem_t places;

void obtenir_fourchettes(int i) {
    sem_wait(&places);
    pthread_mutex_lock(&fourchettes[gauche(i)]);
    pthread_mutex_lock(&fourchettes[droite(i)]);
}

void relacher_fourchettes(int i) {
    pthread_mutex_unlock(&fourchettes[gauche(i)]);
    pthread_mutex_unlock(&fourchettes[droite(i)]);
    sem_post(&places);
}

int main() {
    ...
    sem_init(&places, 0, NbPhilo-1);
    ...
}
```

# Exclusion mutuelle avec les sémaphores

(mutex-sem.c)

```
struct mutex {
    sem_t mutex_sem;
};

void mutex_init(struct mutex *m) {
    sem_init(&m.mutex_sem, 0, 1);
}

void mutex_lock(struct mutex *m) {
    sem_wait(&m.mutex_sem);
}

void mutex_unlock(struct mutex *m) {
    sem_post(&m.mutex_sem);
}
```

# Problème du producteur consommateur

---

- ▶ Deux activités
  - ▷ un producteur et un consommateur (ou plusieurs producteurs et plusieurs consommateurs)
  - ▷ relié par un tampon de taille bornée
  - ▷ producteur ne peut pas produire si le tampon est plein
  - ▷ consommateur ne peut pas consommer si le tampon est vide
  - ▷ producteur et consommateur ne doivent pas travailler sur le même élément
- ▶ Problème classique
  - ▷ pipe et fifo
  - ▷ queues de messages

## prod-cons.c

---

```
sem_t mutex;  
sem_t vide;  // nb. emplacements libres  
sem_t plein; // nb. emplacements utilises  
  
pthread_t prod;  
pthread_t cons;  
  
int tampon[N];  
int libre = 0;    // index du premier emplacement libre  
int prochain = 0; // index de la prochaine valeur à lire
```

## prod-cons.c

---

```
void *producteur(void *arg) {
    int objet; // un objet de type arbitraire (ici entier)
    while (VRAI) {
        objet = 1 + (int)(100.0*rand()/RAND_MAX+1.0);
        sem_wait(&vide);
        sem_wait(&mutex);
        tampon[libre] = objet;
        printf("Prod: tampon[%d] = %d\n", libre, objet);
        libre = (libre + 1) % N;
        sem_post(&mutex);
        sem_post(&plein);
    }
    return NULL;
}
```

## prod-cons.c

---

```
void *consommateur(void *arg) {
    int objet;
    while (VRAI) {
        sem_wait(&plein);
        sem_wait(&mutex);
        objet = tampon[prochain];
        printf("Cons: tampon[%d] = %d\n", prochain, objet);
        prochain = (prochain + 1) % N;
        sem_post(&mutex);
        sem_post(&vide);
        sleep(2);
    }
}
```

## prod-cons.c

---

```
int main(int argc, char **argv) {
    sem_init(&mutex, 0, 1);
    sem_init(&vide, 0, N);
    sem_init(&plein, 0, 0);

    pthread_create(&prod, NULL, producteur, NULL);
    pthread_create(&cons, NULL, consommateur, NULL);

    pthread_join(prod, NULL);
    pthread_join(cons, NULL);
    return 0;
}
```

# Les moniteurs

---

- ▶ Structure de programmation
  - ▷ un module de programme
  - ▷ contrôle les accès à des données partagées
- ▶ Variables d'état
  - ▷ partagées entre les procédures du module
  - ▷ encapsulées dans le module
- ▶ Synchronisation entre les activités concurrentes qui appellent les procédures

# Mécanisme d'exécution du moniteur

---

- ▶ Exclusion mutuelle entre les entrées du moniteur
  - ▷ à un instant donné : une seule activité dans le moniteur
  - ▷ donc protection des variables d'état
- ▶ Si une seconde activité cherche à entrer dans le moniteur
  - ▷ bloquée jusqu'à la libération du moniteur par l'activité précédente
  - ▷ file d'attente des activités bloquées en entrée du moniteur

```
public class Counter {  
    private int valeur = 0;  
  
    public synchronized void incr() {  
        valeur += 1;  
    }  
  
    public synchronized int get() {  
        return valeur;  
    }  
}
```

```
public class Exemple extends Thread {
    private static Counter cpt = new Counter();
    public static void main (String[] args) {
        Exemple t1 = new Exemple("T1");
        Exemple t2 = new Exemple("T2");
        t1.start();
        t2.start();
    }
    public Exemple(String nom) { super(nom); }
    public void run() {
        for (int i=0; i <1000000; i++) {
            cpt.incr();
        }
        System.out.println(getName() + " : " + cpt.get());
    } }
```

```
public class Mutex {  
    private int valeur = 0;  
    public synchronized void incr() {  
        int ancienneValeur = valeur;  
        valeur += 1;  
        notifyAll();  
    }  
    public synchronized int decr() {  
        while (valeur == 0) {  
            try { wait(); } catch(InterruptedException e) {}  
        }  
        int ancienneValeur = valeur;  
        valeur -= 1;  
        notifyAll();  
        return ancienneValeur;  
    } }  
}
```