Concurrence

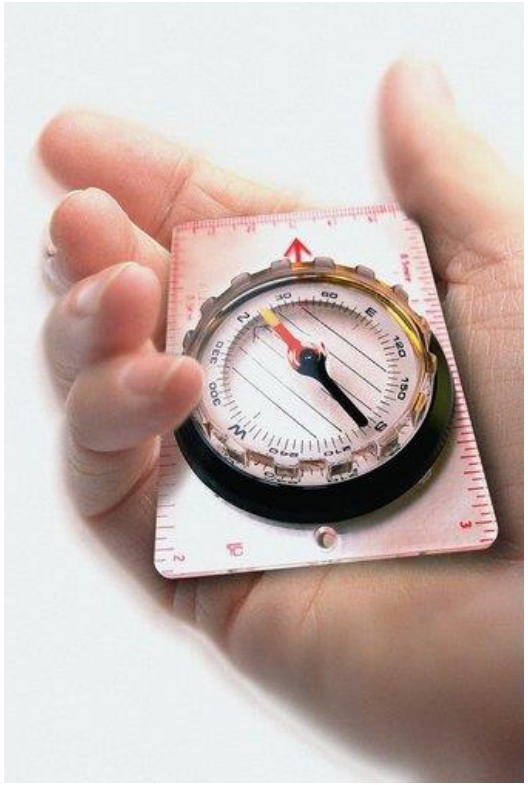
Processus simultanés

Objectifs du cours

En complétant ce cours, vous serez en mesure de:

- Expliquer ce qu'est un thread
- Expliquer ce que sont les impasses (deadlock) et la pénurie de ressources
- Créer des Threads
- Les Gérer

Plan de cours



- Introduction
- Utilisation de base
- Mettre en pause et arrêter les threads
- Synchronisation et serrures

Concurrence

INTRODUCTION

Programmation concurrente

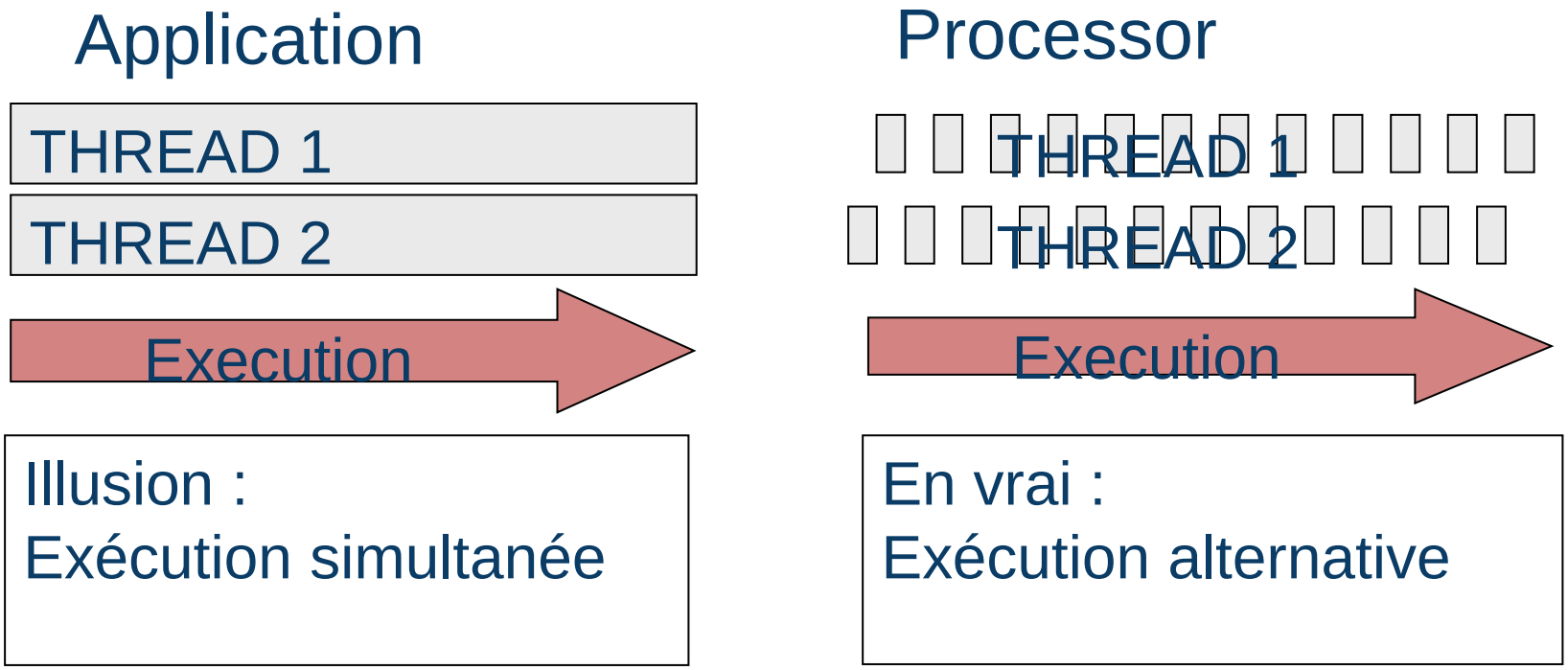
- Les utilisateurs d'ordinateurs peuvent faire plus d'une chose à la fois
- Ils peuvent continuer à travailler dans un traitement de texte, tandis que d'autres applications téléchargent des fichiers et diffusent de l'audio
- Même le traitement de texte doit toujours être prêt pour les événements clavier et souris
  - Peu importe à quel point il est occupé à reformater le texte ou à mettre à niveau l'affichage
- Logiciel qui peut faire de telles choses :
  - Programmation concurrente !

Processus et threads

- Deux unités d'exécution de base : les processus et les threads
- Un processus a un environnement d'exécution autonome
  - Possède son propre espace mémoire privé
- Threads ou processus légers
  - Créer un nouveau thread nécessite moins de ressources que de créer un nouveau processus
  - Existe dans un processus
  - Partager les ressources du processus
- Durant ce cours, nous allons nous concentrer sur les Threads !

Ordonnancement du processeur

- Comment sont exécutés les threads par un ordinateur à processeur unique :



Avantages

- Permet d'exécuter des tâches « simultanées »
- Les actions ne sont pas exécutées les unes après les autres
- Faire une boucle sans fin
- Utilisez-le pour créer des sockets
- Crée des processus enfants
- Appartient à un groupe de threads
- …

Contraintes

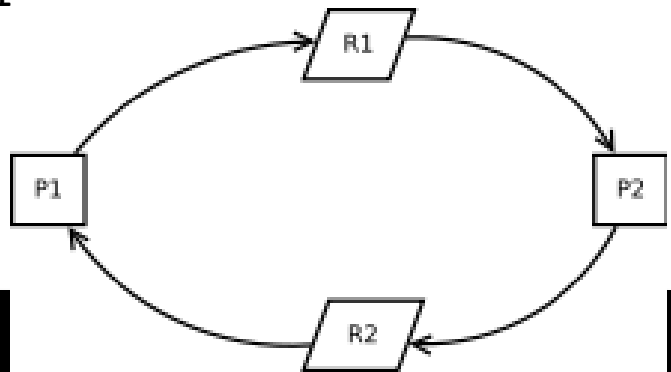
- Le développeur doit :
  - Concevoir correctement son programme
  - Savoir si le comportement de l'application est garanti
  - Prévenir les bogues

- L'ordre d'exécution n'est jamais prévisible
- Les problèmes courants avec Concurrence sont :
  - Impasse (deadlock)
  - Famine de ressources

Definition: Deadlock

- Situation dans laquelle deux ou plusieurs actions concurrentes attendent chacune la fin de l'autre…
  - … et donc ni l'un ni l'autre ne le fait jamais

- Exemple :
  - Les deux processus ont besoin des deux ressources
    - P1 nécessite des ressources supplémentaires R2
    - P2 nécessite une ressource supplémentaire R1
  - Aucun processus ne peut continuer

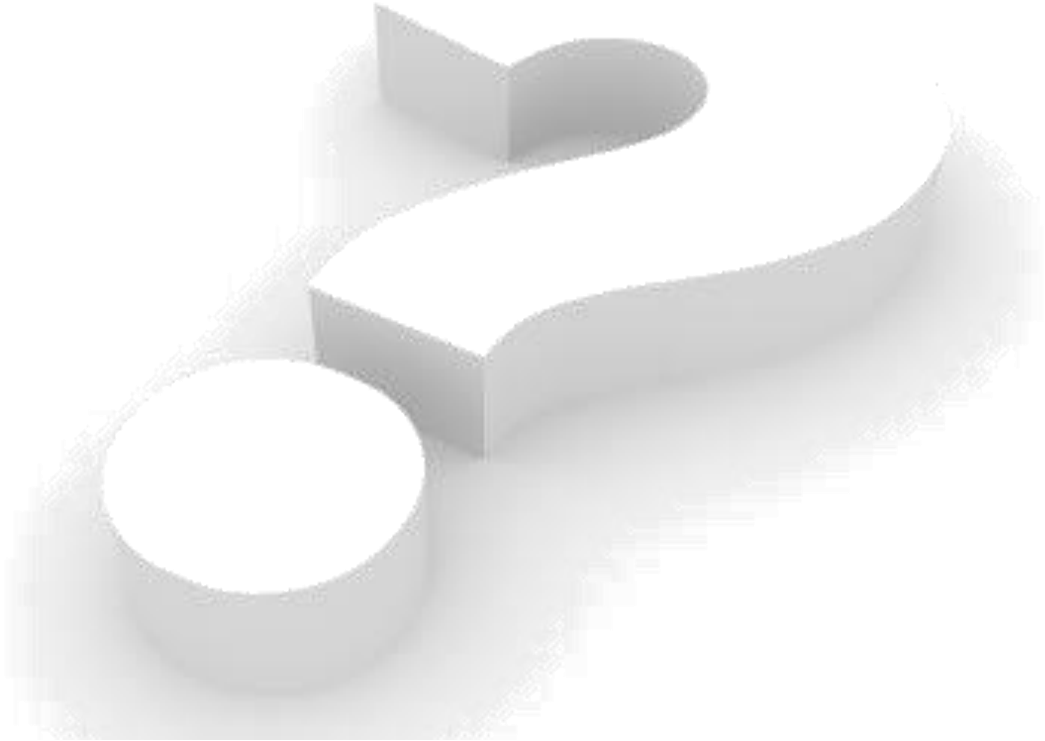


Definition: Famine de ressources

- Situation où un processus est perpétuellement privé des ressources nécessaires sans lesquelles le programme ne peut jamais terminer sa tâche

- Exemple :
  - Un thread veut une ressource et vérifie à intervalles réguliers si elle a été libérée
  - D'autres threads veulent aussi la même ressource
  - Avec un peu de chance, le fil n'attendra pas trop longtemps
  - Sans chance, d'autres threads prendront la ressource avant chaque vérification et cela attendra...
  - … peut-être pour toujours !

Questions ?



Concurrence

UTILISATION DE BASE

Classes Java

- La plate-forme Java fournit :
  - Classe de Thread
  - Interface exécutable (**Runnable**)
- Les objets Thread représentent des threads que vous pouvez exécuter
- Les objets exécutables (**Runnable**) représentent ce qu'un thread exécutera

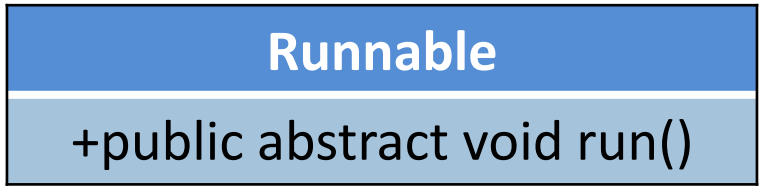
MyRunnable

```
// Do something
```

Thread

Interface Runnable

- **Runnable** est une interface simple qui définit une seule méthode

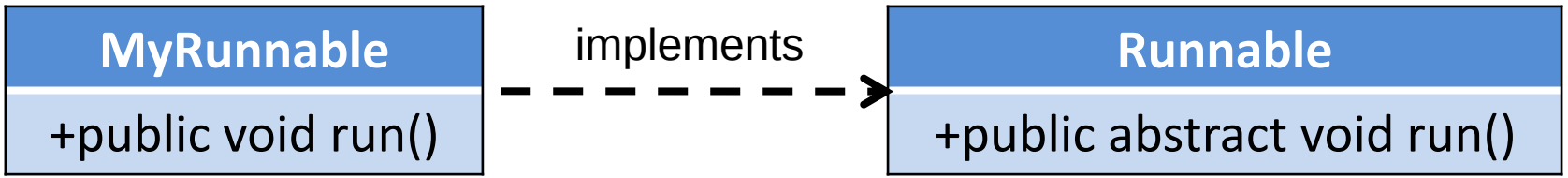


- Pour obtenir des objets **Runnable** vous devez :
  - Créer une nouvelle classe implémentant **Runnable**
  - Implémentez la méthode run() avec ce que vous voulez que le **thread** fasse
  - Créez des instances de votre nouvelle classe

Interface Runnable

- Exemple de classe Runnable :

```
public class MyRunnable implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        // Do something
    }
}
```

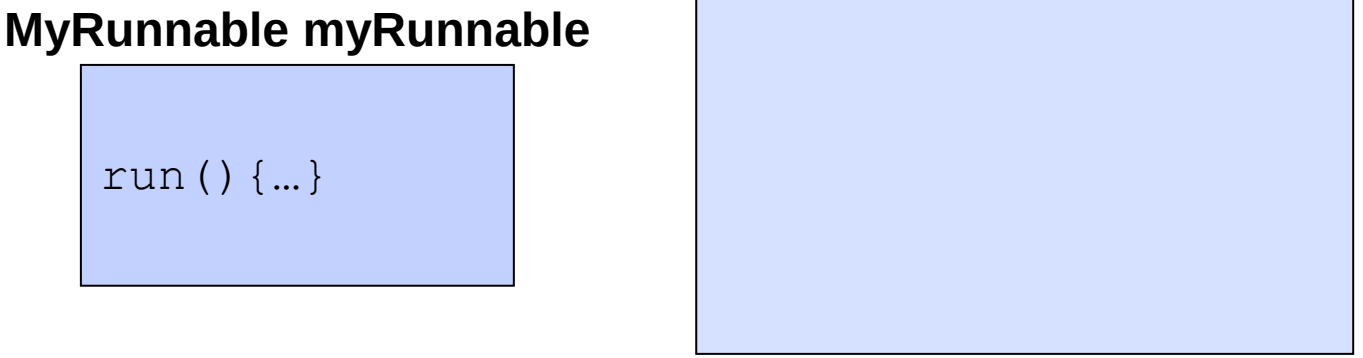


Interface Runnable

- Exemple de création d'un Thread :

```
MyRunnable myRunnable = new MyRunnable();
Thread thread = new Thread(myRunnable);
thread.start();
```

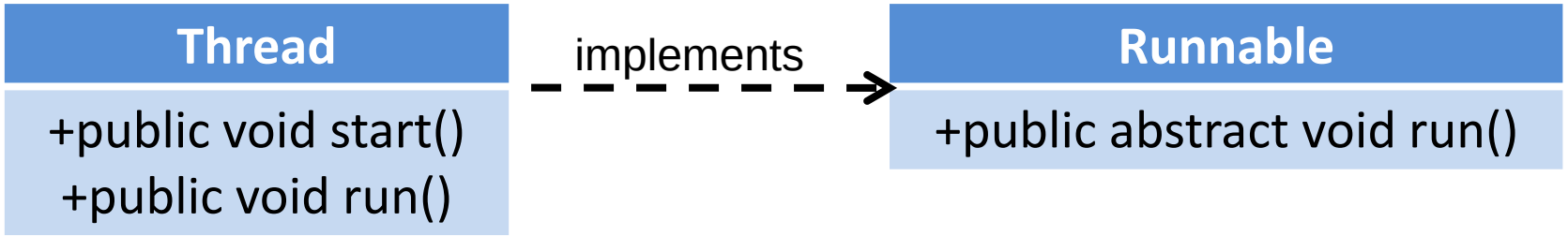
- Simulation :



Classe Thread

- Comme nous l'avons vu, les objets Thread représentent des threads exécutables potentiels et ont besoin d'un objet **Runnable**
- Mais un objet Thread peut aussi être exécuté sans **Runnable** !

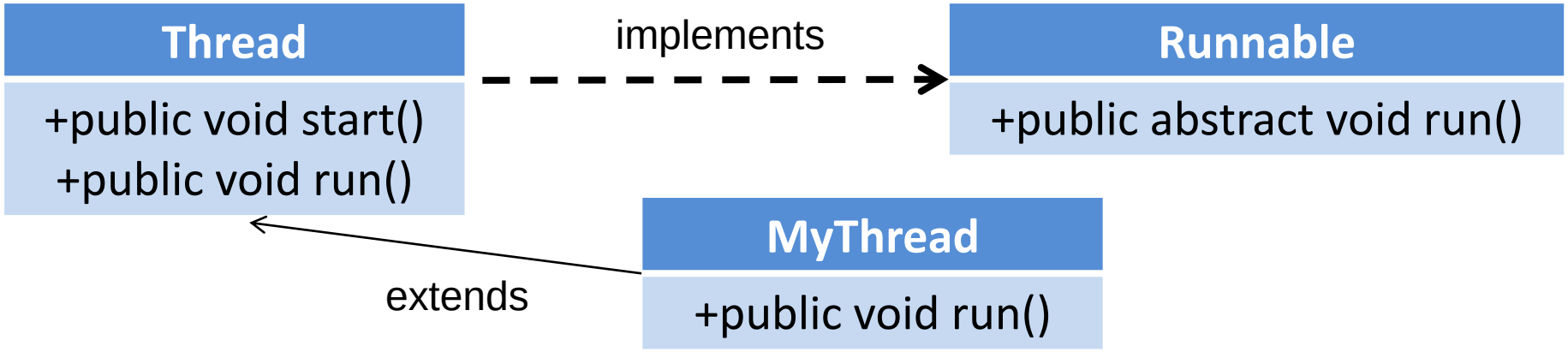
- En effet, la classe Thread implémente l'interface **Runnable**
  - Ainsi, vous pouvez sous-classer Thread et remplacer la méthode run ()



Classe Thread

- Exemple de Thread personnalisé sans Runnable:

```
public class MyThread extends Thread {
    @Override
    public void run (){
        // Instructions
    }
}
```

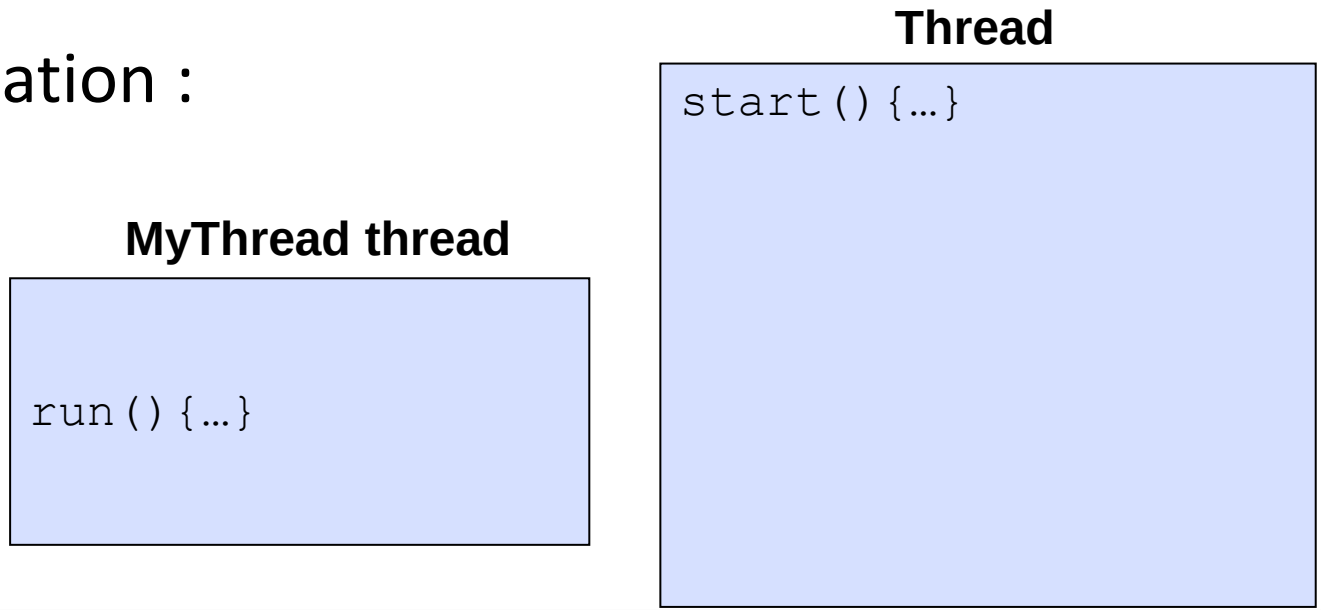


Classe Thread

- Exemple de création d'un Thread :

```
MyThread thread = new MyThread();
thread.start();
```

- Simulation :



Utiliser un Thread

- Pour démarrer un Thread :
  - Utilisez toujours et uniquement la méthode start()

```
MyThread thread = new MyThread();
thread.start();
```

  - La méthode start () invoquera la méthode run () dans un thread différent
  - Si vous appelez directement la méthode run(), elle sera exécutée dans le même thread et non dans un nouveau

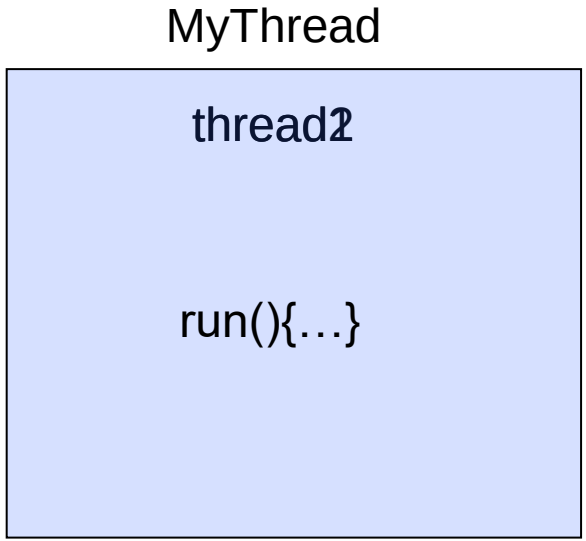
Utiliser un Thread

- Pour démarrer un Thread :

```
MyThread thread1 = new MyThread();
MyThread thread2 = new MyThread();
thread1.start();
thread2.start();
```

Utiliser un Thread

- Simulation :



run(){…}

run(){…}

Avec ou sans Runnable ?

- Vous avez ici deux responsabilités :
  - Le **Runnable** qui est responsable d'un comportement à exécuter
  - Le **Thread** qui est chargé de gérer le thread qui exécutera le **Runnable**

Avec ou sans Runnable ?

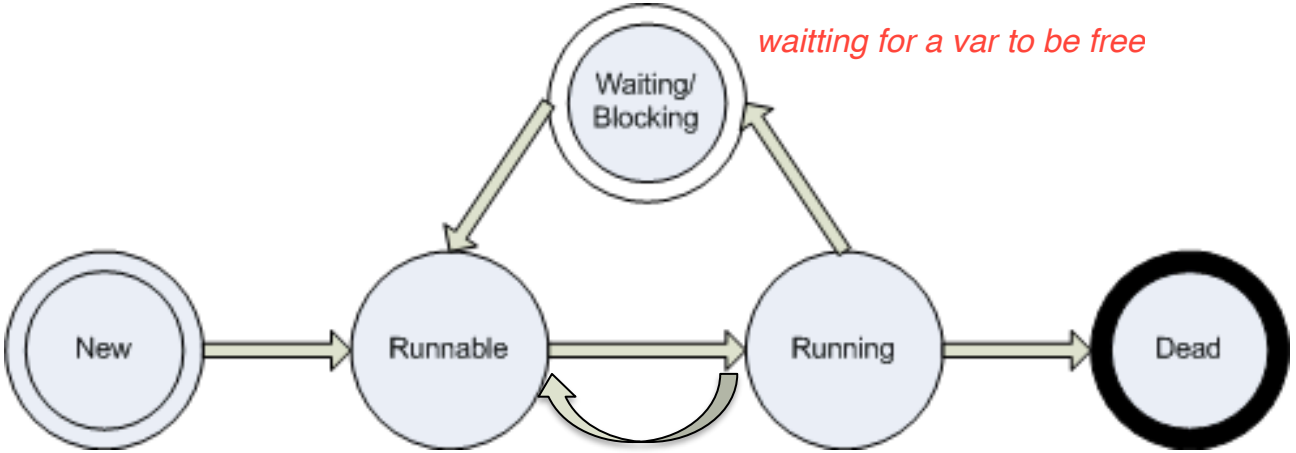
- Bon… Et alors ?
  - La séparation des préoccupations permet :
    - Une meilleure encapsulation
    - Une meilleure factorisation du code
    - Une amélioration de la maintenabilité
- Des exemples simples ?
  - Un **Runnable** personalisé peut étendre une classe
    - Un Thread personnalisé ne peut pas
  - Un **Runnable** personalisé peut être utilisé par différents types d'objets Thread

États des threads

- Un thread peut être dans l'un des états suivants :
  - **NEW** : Pas encore démarré mais déjà instancié
  - **RUNNABLE** : le thread est prêt à s’exécuter
  - **RUNNING** : le thread est en cours d'exécution
  - **BLOCKED** : En attente d'un bloc moniteur (bloc synchronisé)
  - **WAITING** ou **TIMED_WAITING** : Attente d'une action après un join(), wait() ou sleep()
  - **TERMINATED** : le fil de discussion est terminé
- Obtenir l'état du thread :
  - getState()

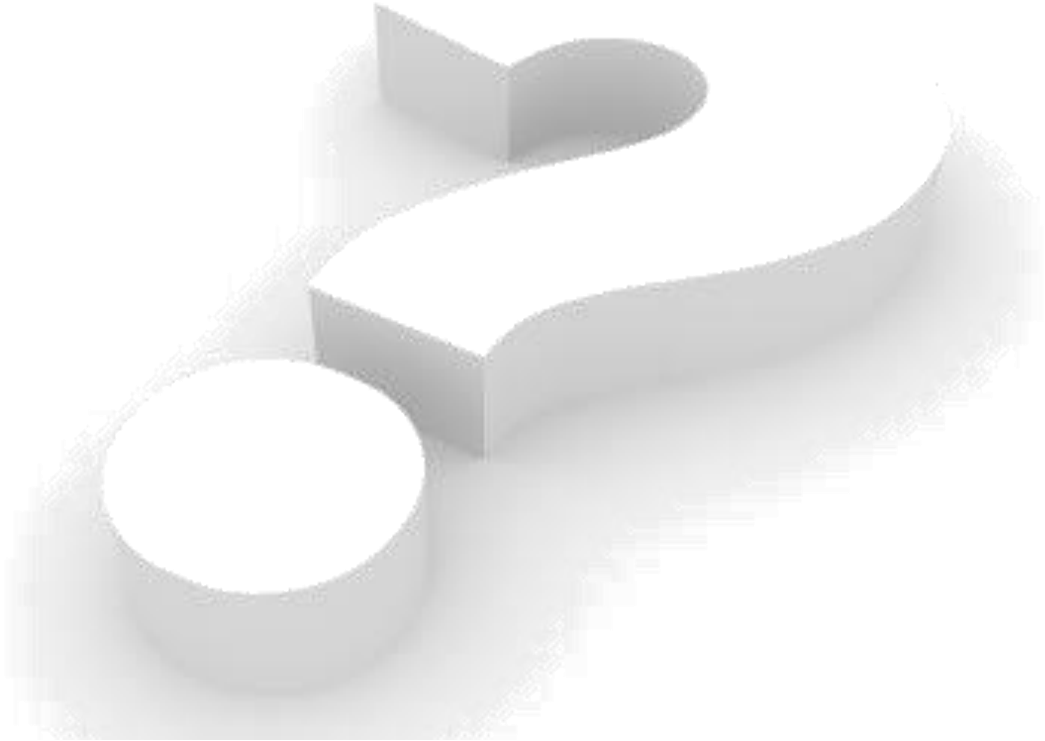
États des threads

- Transition entre les états de thread :



  - Exécutable et en cours d'exécution -> **RUNNING**
  - Attente/blocage -> **BLOCKED**, **WAITING** et **TIMED_WAITING**
  - Mort -> **TERMINATED**

Questions ?



Concurrence

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Mettre un Thread en pause

- Il est possible de mettre un thread en pause

- Pour des raisons différentes :
  - Attendre qu'une opération sur un compte bancaire soit terminée pour en faire une autre
  - Attendre qu'un autre thread s'arrête pour écrire dans un fichier

- 4 façons de le faire : **sleep(), yield(), join(), wait()**

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Mettre un Thread en pause

- Thread.sleep(long milliseconds) :
  - Provoque la suspension de l'exécution du thread actuel pendant une période spécifiée
- Exemple :

```
public class RunningThread extends Thread {
  @Override
  public void run() {
    try {
      for (int i = 0; i < 3; i++) {
        Thread.sleep(1000);
        System.out.println(getName()+" is running");
      }
    } catch(InterruptedException e) { … }
  }
}
```

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Mettre un Thread en pause : yield

- Thread.yield() :
  - Provoque une pause temporaire de l'objet thread en cours d'exécution et permet à d'autres threads de s'exécuter
- Exemple :

```
@Override
public void run() {
  while (!Thread.isInterrupted()) {
    System.out.println(getName() + " is running");
    Thread.yield();
  }
}
```

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Mettre un Thread en pause : join

- join() :
  - Arrête le thread en cours jusqu'à la fin du thread invoquant la méthode join

- join(long millisecond) :
  - Arrête le thread en cours pendant une durée maximale spécifiée par le thread invoquant la méthode de jointure, puis le thread en cours continue

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Utiliser un Thread: join

- Example:

```
public static void main(String[] args) {
    RunningThread rt = new RunningThread ();
    rt.start();
    try {
        System.out.println(“Waiting for Thread-0”);
        rt.join();
    } catch(InterruptedException e) {
        System.out.println(“Has been interrupted");
    }
    System.out.println("Continues");
}
```

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Interruptions

- Une interruption indique à un thread qu'il doit arrêter ce qu'il est en train de faire et faire autre chose
- Pour envoyer une interruption, vous pouvez invoquer la méthode **interrupt**() sur l'objet thread
  - Cette méthode n'arrête pas un thread mais lui ajoute un indicateur d'état d'interruption
- En fonction de ce que vous avez défini dans la méthode run(), le Thread peut gérer cet indicateur et l'arrêter ou simplement l'ignorer

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Interruptions

- Comment à l'intérieur du thread savoir quel est l'état de ce flag ?
  - Vous avez deux façons :
    - Utilisez la méthode **Thread.interrupted()**
- Exemple:

```
for (int i = 0; i < inputs.length; i++) {
  doSomething(inputs[i]);
  if (Thread.interrupted()) {
    // We've been interrupted: no more crunching.
    return;
  }
}
```

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Interruptions

- Comment à l'intérieur du thread savoir quel est l'état de ce flag ?
  - Vous avez deux façons :
    - **Catch InterruptedException**
      - Cette exception peut être levée par la plupart des méthodes de pause comme **sleep()**
      - Il interrompt la pause et passe directement à la clause catch

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS
Interruptions

- Example :

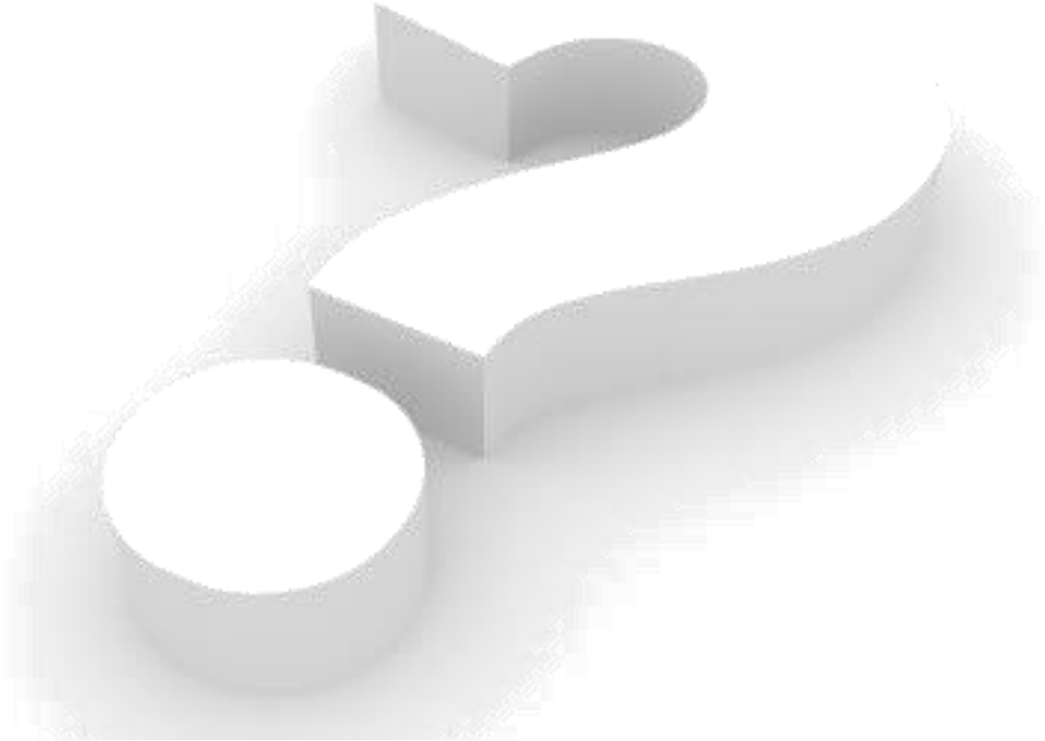
```
for (int i = 0; i < importantInfo.length; i++) {
  // Pause for 4 seconds
  try {
    Thread.sleep(4000);
  } catch (InterruptedException e) {
    // We've been interrupted: no more messages.
    return;
  }
  System.out.println(importantInfo[i]);
}
```

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Interruptions

- Mais pourquoi utiliser ce flag d'interruption ? Pourquoi un thread ne peut pas simplement demander à un autre de s'arrêter ?
  - Parce que vous ne savez pas ce que fait le Thread !
  - Arrêter directement un thread peut avoir des effets dramatiques
    - Et si vous l'arrêtiez quand il écrit dans un fichier ?
- Il est plus sûr de demander au thread de s'interrompre (s'il le souhaite)
- Sinon, le moyen le plus simple d'arrêter un thread est simplement d'attendre qu'il se termine pour exécuter sa méthode run()

Questions ?



METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Exercise (1/6)

- Connaissez-vous le problème des philosophes de la restauration ?
  - Rassurez-vous, cela n'a rien à voir avec la philosophie ☺
  - C'est juste un exemple illustratif d'un problème informatique courant dans la programmation concurrente
    - Et nous allons le résoudre en Java !

Exercise (2/6)

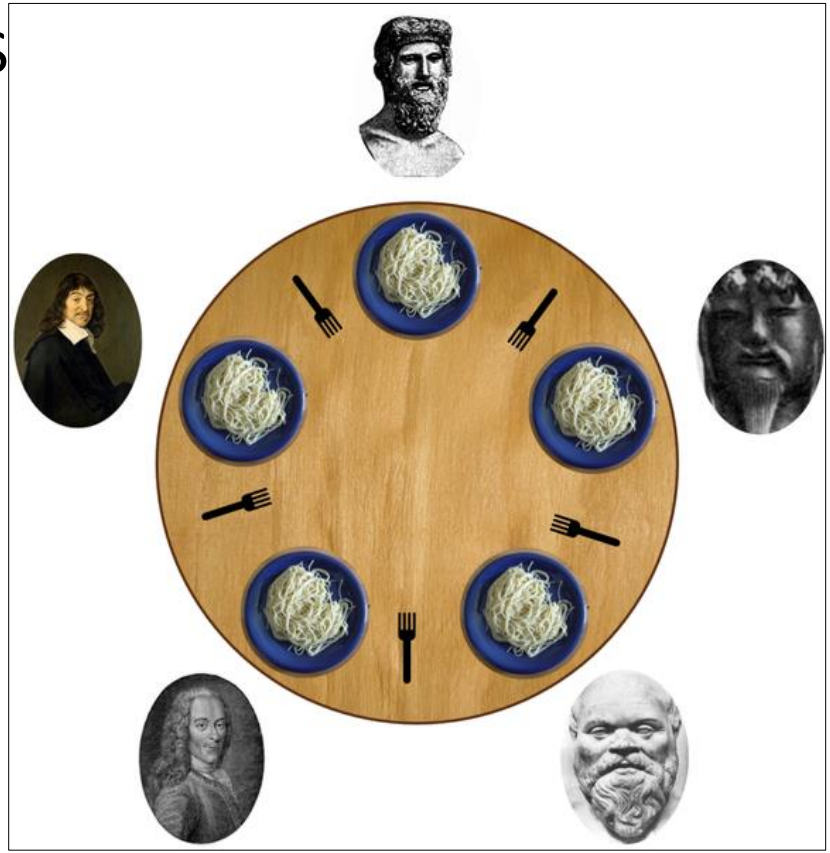
- Explications du problème :
  - Cinq philosophes silencieux assis à une table circulaire faisant l'une des deux choses suivantes :
    - Manger ou penser
  - Parce qu'ils mangent des spaghettis, ils ont besoin de deux fourchettes pour manger
    - Mais il n'y a qu'une seule fourchette par siège…
    - Donc chacun doit utiliser la fourchette de son voisin !
  - Chaque philosophe est représenté par un thread !

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS
Exercise (3/6)

- Quand un philosophe a faim, il essaie de prendre les fourchettes à côté de lui immédiatement
  - Si l'une d'elles est déjà utilisée, il attend que son voisin la libère
- Quand un philosophe affamé a deux fourchettes en mains et en même temps, il commence à manger
- Quand un philosophe finit de manger, il lâche ses fourchettes et recommence à réfléchir
- Les philosophes mangent et pensent pendant différentes durées aléatoires

Exercise (4/6)

METTRE EN PAUS



METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Exercise (5/6)

- Pour commencer, nous allons développer une version simple du programme sans gestion des fourchettes

- Créer un nouveau projet nommé Philosophes
  - Créer un package com.cci.philosophers
  - Créez quatre classes :
    - **Philosophe** : représenter un philosophe, doit implémenter Runnable
    - **Launcher** : une classe simple avec la méthode principale de l'application qui lance un thread par philosophes

METTRE EN PAUSE ET ARRÊTER LES THREADS

Exercise (6/6)

- Dans la méthode run() de la classe Philosopher :
  - Tant que le thread n'est pas interrompu, le philosophe doit:
    - Penser pendant un temps aléatoire
    - Manger à un moment aléatoire
    - Et encore…

- Afficher un message dans la console pour montrer l'état des philosophes

Concurrence

SYNCHRONISATION ET SERRURES

Synchronisation et serrures

Synchronisation

- Qu'est-ce que la synchronisation ?
  - Un système de serrure à code
  - Contrôler l'accès aux méthodes et aux attributs
  - Préserver la cohérence des données partagées
  - Éviter les comportements inattendus

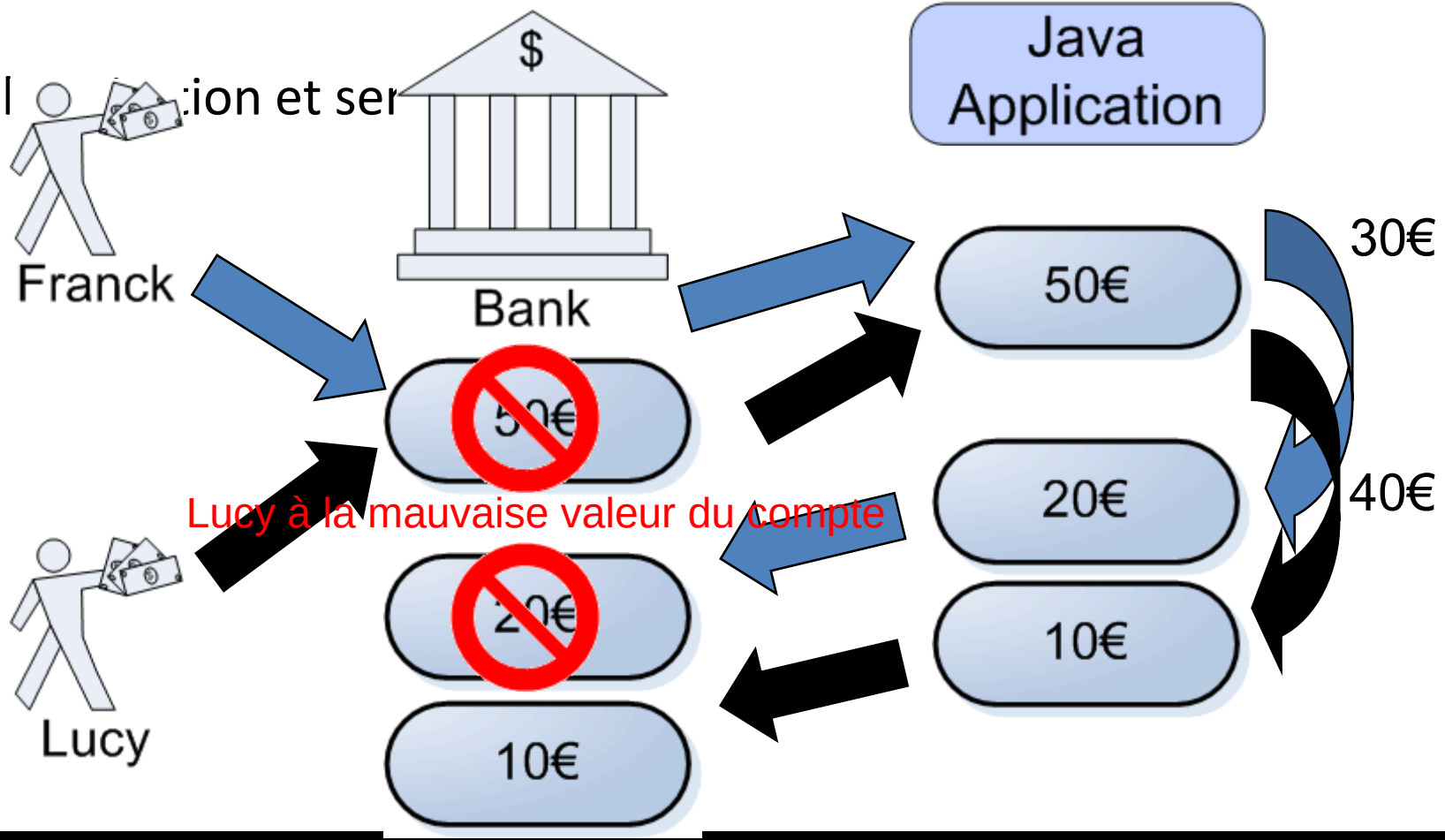
Synchronisation et serrures

Attributs et méthodes synchronisés

- Imaginer…
  - Franck et Lucy ont chacun une carte de crédit pour le même compte bancaire
  - Ils vérifient toujours le compte avant de faire un retrait
  - Mais :
    - Franck fait un retrait de 30$
    - Le compte n'est pas mis à jour immédiatement
    - Lucy fait un retrait de 40$ mais avec un mauvais montant du compte en banque…
- Résultat :
- La banque perd une opération monétaire…

Attributs et méthodes synchronisés

Syncl ion et ser



Synchronisation et serrures

Attributs et méthodes synchronisés

- Solutions :
  - La deuxième opération attend que la première soit faite
  - Utiliser un mécanisme de synchronisation
  - Synchroniser le bloc d'instructions qui effectue l'opération
  - Verrouiller le compte
- En Java :
  - Utiliser l'objet **ReentrantLock** qui implémente l'interface Lock
  - Utiliser le mot-clé **synchronized**

Synchronisation et serrures

Lock et ReentrantLock

- **Lock** interface :
  - Contrôler l'accès aux ressources partagées
  - Méthodes fournies :
    - **void lock()** : acquiert le verrou
    - **boolean tryLock()** : acquiert le verrou uniquement s'il est libre au moment de l'invocation
    - **void unlock()** : libère le verrou

Synchronisation et serrures

Lock et ReentrantLock

- Exemple :
  - Le thread actuel possède le verrou :

```
ReentrantLock lock = new ReentrantLock ();
// Return the total amount after the
// withdrawal
public void withdrawal (float cash){
    lock.lock();
    credit -= cash;
    debit += cash;
    lock.unlock();
}
```

Ne gère pas les prb de famille : le T1 peux locker cette fonction en boucle

```
Thread thread1 = new Thread(() -> {
        for (int i = 0; i < 5; i++) {
                account.withdrawal(100.0f);
        }
});
```

Synchronisation

- Java offre un mécanisme de synchronisation de bas niveau qui permet d'établir des points de rendez-vous de threads.
- Ce mécanisme repose sur les méthodes **wait**(), **notify**() de la classe Object et le mot-clé **synchronized** qui peut-être attaché à une méthode.

Synchronisation

- Quand un premier thread entre dans une méthode **synchronized**, il attache le service *moniteur* à l'instance considérée ou à la classe si la méthode est **static**.
  Si un second thread arrive pour exécuter une **methode synchronized**, il est bloqué jusqu'à la libération du *moniteur*. Ceci arrive quand le premier thread sort de la méthode ou pendant un **wait**() qui ne peut figurer que dans une méthode **synchronized**.

Synchronisation et serrures

Mot-clé synchronized

- Le mot-clé **synchronized** permet de définir un verrou implicite
- Peut être utilisé sur :
  - méthodes

```
public synchronized float withdrawal (int cash){
    credit -= cash;
    debit += cash;
    return credit + debit;
}
```

  - Objets (dans ce cas le thread obtient le lock sur l'objet account)

```
synchronized (account) {
    // The credit value still > 0
            if(account.getCredit() > 0) {
        amount = account.withdrawal(cash);
    }
}
```

Synchronisation et serrures

Les méthodes wait et notify

- La méthode wait() :
  - Méthode de la classe Object
  - Doit être invoqué dans un code synchronisé
  - Suspendre l'exécution du thread en cours
  - Libérer le verrou
  - Possibilité de spécifier la latence maximale en millisecondes

Synchronisation et serrures

Les méthodes wait et notify

- **wait() :**

```
public class MyRunnable implements Runnable {
    @Override
    public void run() {
        try {
            synchronized(this) {
                wait();
            }
        } catch(InterruptedException e){
            ...
        }
    }
}
```

Toutes les instance de type my runnable vont se synchoniser

Synchronisation et serrures

Les méthodes wait et notify

- La méthode notify() :
  - Méthode de la classe Object
  - Réveille un thread en attente

- La méthode notifyAll() :
  - Méthode de la classe Object
  - Réveille tous les threads en attente

Synchronisation et serrures

Les méthodes wait et notify

- Exemple :

```
public class RunningThread extends Thread {
        public void run() {
                synchronized (this) {
                        try {
                                System.out.println("Child thread is waiting");
                                wait(); // Le thread attend jusqu'à ce qu'il soit notifié
                                System.out.println("Child thread is awake");
                        } catch (InterruptedException e) {
                                e.printStackTrace();
                        }
                }
        }
}
```

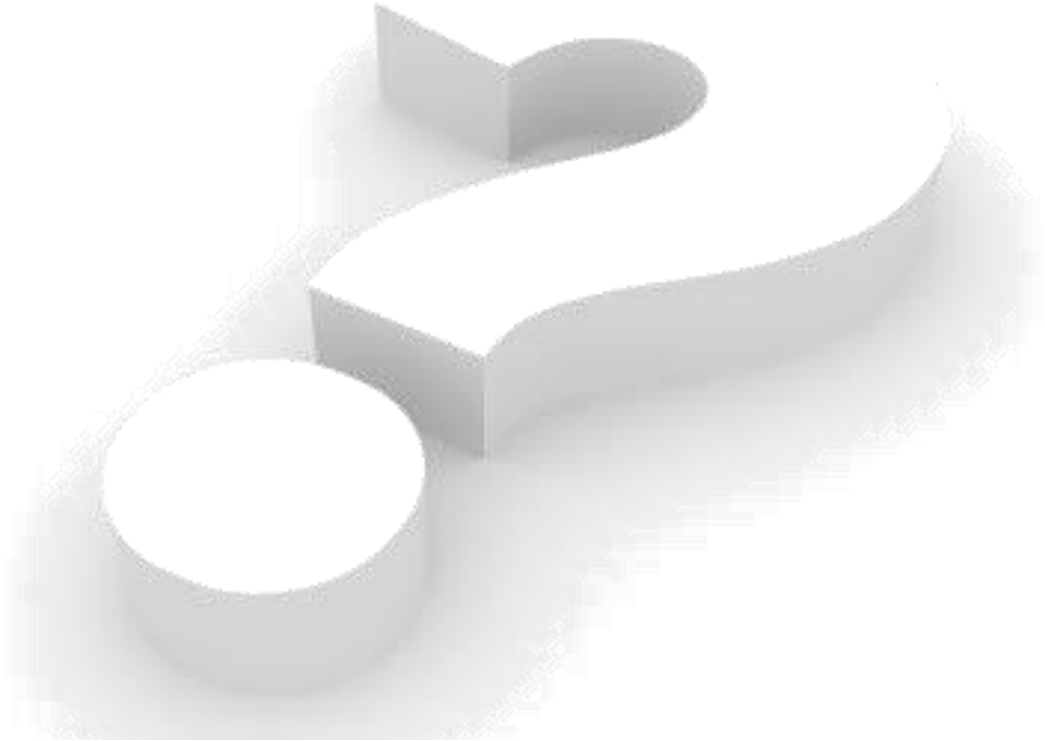
Synchronisation et serrures

Les méthodes wait et notify

- Exemple :

```
public static void main(String[] args) {
  RunningThread rt = new RunningThread ();
  rt.start();
  try {
    System.out.println("Main thread is waiting 2s");
    Thread.sleep(2000);
    synchronized (rt) {Sync with main thread
      rt.notify();réveille le thread rt
    }
  } catch (InterruptedException e) { … }
  System.out.println("The main thread continues");
}
```

Questions ?



Quizz

Quel mot-clé utilise-t-on pour synchroniser un bloc d'instruction ?	Synchronized
Comment libérer un verrou dans un bloc synchronisé ?	Avec la méthode wait()
Comment réveiller un thread arrêté par la méthode wait() ?	Avec la méthode notify()
A quoi sert la méthode notifyAll() ?	Pour réveiller tous les threads endormis
Quelles conditions devons-nous respecter pour utiliser correctement la méthode wait() ?	Utiliser wait() dans un try-catch et un bloc synchronized

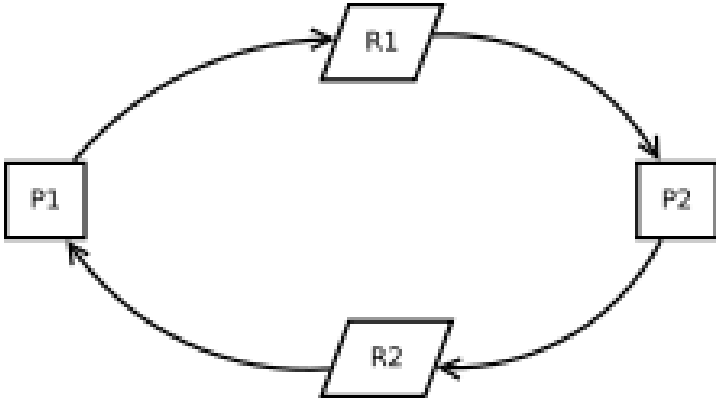
Synchronisation et serrures

Exercise (1/2)

- Vous savez maintenant comment utiliser les verrous :
  - Créez deux nouvelles classes :
    - **DiningTable** : représente la table, composée des philosophes et des fourchettes
    - **Fork** : représente une fourchette

Exercise (2/2)

- Pour manger, un philosophe doit prendre les deux fourchettes à côté de lui
- Une fourchette ne peut être utilisée que par un seul philosophe à la fois
- Votre solution doit éviter la famine et les impasses



Fin

Merci de votre attention