Les Threads en Java : une première approche

jean-michel Douin, douin@cnam.fr

Cnam, 9 janvier 1998

Version du 8 Décembre 2001

http://lmi92.cnam.fr:8080/tp_cdi/{douin/}

Bibliographie utilisée

Java

- **Java Threads. S.Oaks & H.Wong. O'Reilly 1997**
- **Concurrent Programming in Java.D. Lea.. Java Series. Addison Wesley.1997**
- The Java Tutorial. M.Campione, K. Walrath. Java Series. Addison Wesley.1996.
- The Java Programming language. K. Arnold, J.Gosling. Addison Wesley.1996.
- Java As a Concurrent Language. A.Skowronski. http://www.openface.ca/~skow/623/623.html
- Java & Trade: concurrency, synchronisation and Inheritance, david Holmes. Microsoft Research Institute. Macquarie University, Sydney.Voir sur internet
- http://www.EckelObjects.com chapitre 14: multiple threads

Programmation concurrente

- Monitors, an operating system structuring concept. C.A.R. Hoare. CACM, vol 17, n°10, Oct.1974. pages 549-557
- Concurrent Programming: Principles and Practice.G.Andrews, Benjamin Cummings-91
- Techniques de synchronisation pour les applications parallèles.G Padiou, A.Sayah, Cepadues editions 1990

Sommaire

- Approche "bas-niveau" : L'API Thread
  - les méthodes *init, start, stop, sleep et yield*
  - Moniteur de Hoare
  - wait, notify et variable de condition
  - Schéma producteur/consommateur
  - Passage de message et Rendez-Vous
  - Ordonnancement

- Programmation concurrente en Java par Doug Lea
  - Approche méthodologique
  - conception utilisant les Patterns

Introduction

- Les *Threads* Pourquoi ?
- Entrées sorties non bloquantes
- Alarmes, Réveil, Déclenchement périodique
- Tâches indépendantes
- Algorithmes parallèles
- Modélisation d ’activités parallèles
- Méthodologies
- …

- **note** :Un *Thread* est associé à la méthode *main* pour une application Java en autonome. Ce *Thread* peut en engendrer d ’autres...

L' *API* Thread Introduction

- La classe Thread est prédéfinie (package java.lang)

- Création d 'une nouvelle instance
  - Thread unThread = **new** Thread()
    - *(un Thread pour processus allégé...)*

- Exécution du processus
  - unThread.start();
    - Cet appel engendre l'exécution de la méthode unThread.run(),

    (rend eligible *unThread* dont le corps est défini par la méthode *run())*
    - new Thread().start()

L' *API* Thread Introduction, exemple

```
class ThreadExtends extends Thread {
  public void run(){
    while(true){
        System.out.println("dans ThreadExtends.run");
      }
  }
}

public class Thread1 {

  public static void main(String args[]) {
      ThreadExtends t0 = new ThreadExtends();
      t0.start();
      while(true){
        System.out.println("dans Thread1.main");
      }
  }
}
```

exemple, trace d ’exécution

- *dans Thread1.main*
- *dans Thread1.main*
- *dans Thread1.main*
- *dans ThreadExtends.run*
- *dans ThreadExtends.run*
- *dans Thread1.main*
- *dans Thread1.main*
- *dans ThreadExtends.run*
- *dans ThreadExtends.run*
- *dans ThreadExtends.run*
- *dans Thread1.main*
- *dans Thread1.main*
- *dans Thread1.main*
- *dans Thread1.main*
- *dans ThreadExtends.run*

- ==> Ordonnanceur de type tourniquet sous Windows 95

L' *API* Thread

- *import* java.lang.Thread *// par défaut pour java.lang*

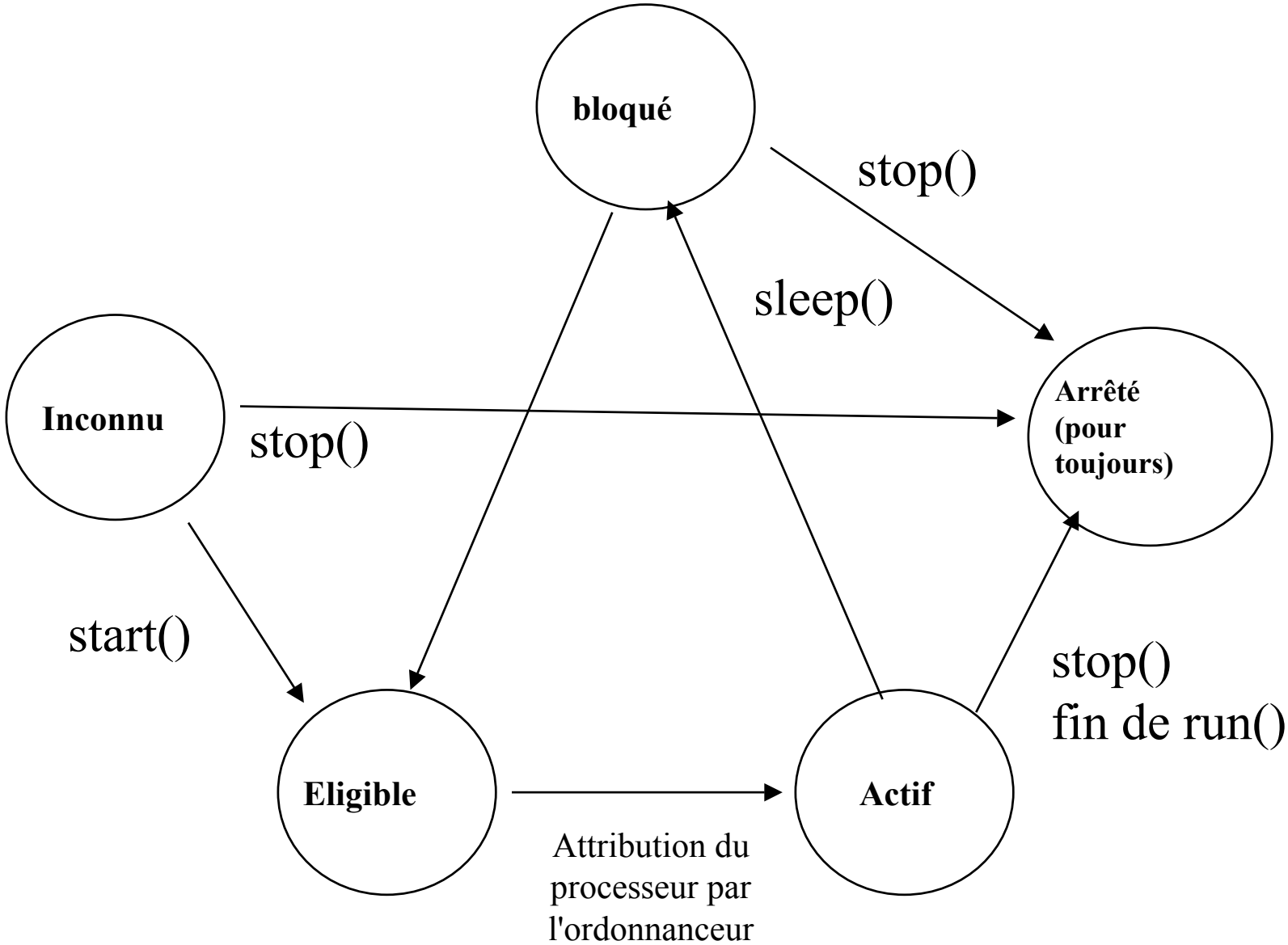
Les constructeurs publics

- *Thread();*
- *Thread(Runnable target);*
- ...

Les méthodes publiques

- *void start();*
- *void run();*
- *void stop();*
- *static void sleep(long ms);*
- *static native Thread currentThread();*
- ...

Etats d'un "Thread"



Un exemple simple par *extends*

```
class Ping extends Thread{
  public void run(){
    System.out.println("Ping");
  }
}
class Pong extends Thread{
  public void run(){
    System.out.println("Pong");
  }
}

public class ThreadPingPong{
  public static void main(String args[]){

    Ping ping = new Ping();
    Pong pong = new Pong();

    ping.start();
    pong.start();
  }}
```

Trace d 'exécution
Ping
Pong

Un autre exemple [extrait de Java Threads p17]

```
import java.awt.*;

class TimerThread extends Thread{
  private Component comp;
 private  int timeDiff;

  public TimerThread(Component comp, int timeDiff){
    this.comp = comp;
    this.timeDiff = timeDiff;
   }

   public void run(){
     while( true){
       try{
         comp.repaint();  // déclenchement cyclique
         sleep(timeDiff);
       }catch(Exception e) {}
     }
   }
}
```

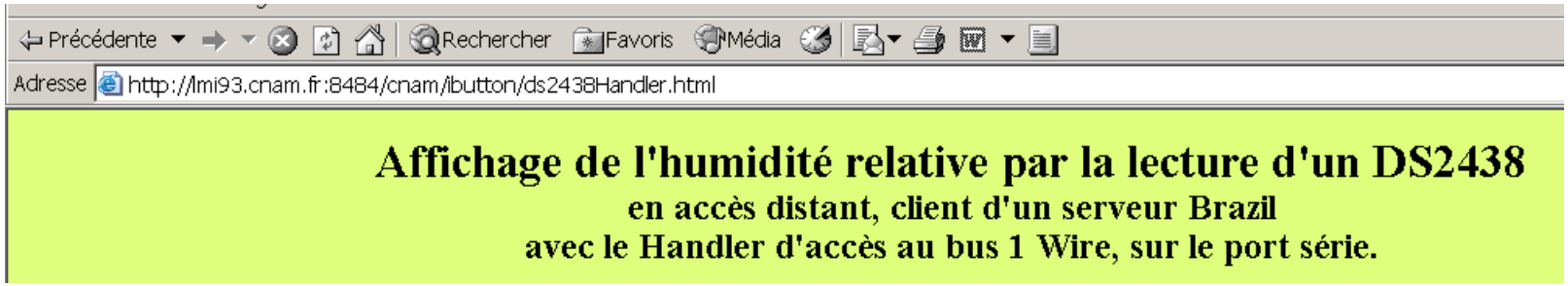
Un autre exemple suite

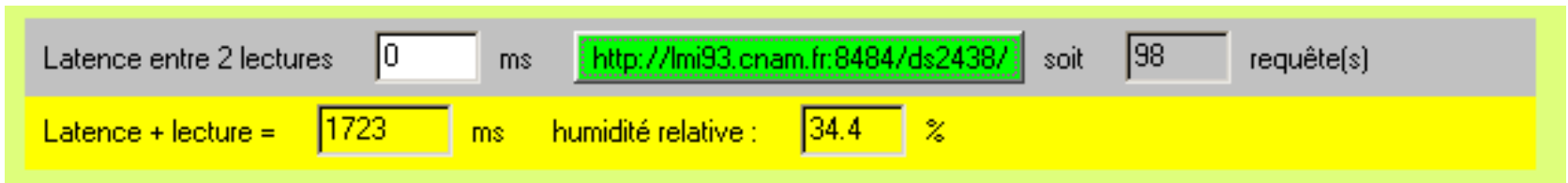
```
public class Animation extends java.applet.Applet{
  private Image Diapositives[];
  private TimerThread timer;

  public void init(){
    Diapositives = new Image[100];
    // int i = 0;String Nom;  // chargement des Diapositives
    Diapositives[i] = getImage(getCodeBase(), Nom + "jpg");
  }

   public void start(){
     timer = new TimerThread(this,1000);//this est un Component
     timer.start();
  }

  public void stop(){
    timer.stop(); timer = null;
  }
  public void paint( Graphics g){
    g.drawImage(Diapositives[i], 0, 0, null);
}}
```

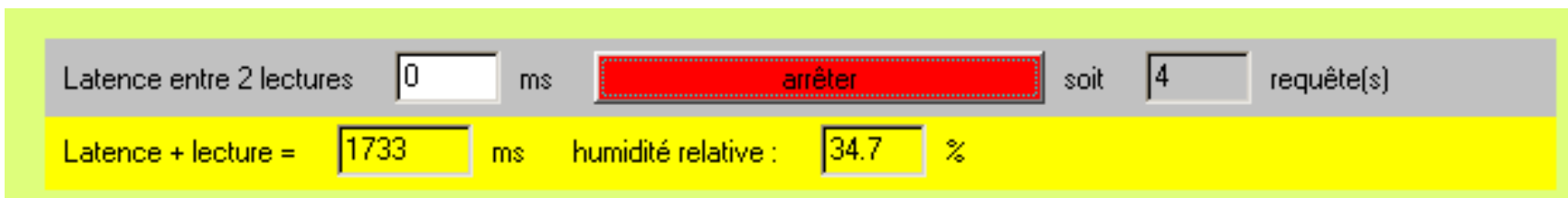
Applette + Requête HTTP cyclique

```
public class AppletteDS2438 extends Applet
                          implements ActionListener, Runnable {


 public void init(){ t = new Thread(this);t.start();}
 public void stop(){t.interrupt();}

 public void run() {
  while(!t.interrupted()){
   long top = System.currentTimeMillis();
   try{
    Thread.sleep(dureeDeLatence);
    DataInputStream is =
       new DataInputStream(new URL(urlRequest).openStream());
    String str = is.readLine();
    // traiter le retour
    ……
```

Trace d'exécution







Un autre exemple par *implements*

```
class Thread2 implements Runnable{

  public void run(){
    while(true){
      System.out.println("ping");
    }
  }
}

public class UneApplette extends java.applet.Applet{
  public void init(){
    Runnable r = new Thread2();
    Thread t = new Thread( r); // ou t = new Thread( new Test());
    t.start();
  }
}
```

```
public interface Runnable{
      public abstract void run();
}
```

Un « bon » style par *implements*

```
public class UneApplette2   extends java.applet.Applet     implements Runnable{

  private Thread t;

   public void init(){
     Thread t = new Thread( this);
     t.start();
   }

public void stop(){ t.interrupt(); }


   public void run(){
     while(!t.interrupted()){
     ….
   }

}
```

Création de Thread en autonome

```
class AutoThread implements Runnable{
  private Thread local;
  public AutoThread(){
     local = new Thread( this);
     local.start();
  }
  public void run(){
     if( local ==Thread.currentThread()){
      while(true){
        System.out.println("dans AutoThread.run");
       }}
   }}

public class Thread3 {
  public static void main(String args[]) {
      AutoThread auto1 = new AutoThread();
      AutoThread auto2 = new AutoThread();
      while(true){
        System.out.println("dans Thread3.main");
      }}}
```

Trace d 'exécution
dans AutoThread.run
dans AutoThread.run
dans AutoThread.run
dans AutoThread.run
dans AutoThread.run
dans Thread3.main
dansThread3.main
dans AutoThread.run

Passage de paramètres

```
class AutoThreadParam implements Runnable{
  private Thread local;
  private String param;
  public AutoThreadParam(String param){
      this.param = param;
      local = new Thread( this);
      local.start();
  }
 public void run(){
      if( local == Thread.currentThread()){
        while(true){
                System.out.println("dans AutoThreadParam.run"+ param);
        } } } }


public class Thread4 {
    public static void main(String args[]) {
        AutoThreadParam auto1 = new AutoThreadParam("auto 1");
        AutoThreadParam auto2 = new AutoThreadParam ("auto 2");
        while(true){
          System.out.println("dans Thread4.main");
       }}}
```

Arrêts d ’un Thread

- Sur le retour de la méthode *run()* le Thread s ’arrête
- Si un autre Thread invoque la méthode *interrupt()* celui-ci s ’arrête en levant une exception
- Si n’importe quel Thread invoque *System.exit()* ou *Runtime.exit(),* tous les Threads s ’arrêtent
- Si la méthode *run()* lève une exception le Thread se termine (avec libération des ressources)
- *destroy() et stop() ne sont plus utilisés, non sûr*

Quelques méthodes publiques de "Thread"

- *// page 476, chapter 25, Java in a Nutshell, 2nd edition*
- *final void suspend();*
- *final void resume();*
- *static native void yield();*
- *final native boolean isAlive();*
- *final void setName(String Nom);*
- *final String getName();*
- *static int enumerate(Thread threadArray[]);*
- *static int activeCount();*
- *...*
- *public void run(); // class Thread ... implements Runnable*
- *...*

Priorités et Ordonnancement

- Pré-emptif, le processus de plus forte priorité devrait avoir le processeur

- Arnold et Gosling96 : *When there is competition for processing resources, threads with higher priority are generally executed in preference to threads with lower priority. Such preference is not, however, a guarantee that the highest priority thread will always be running, and thread priorities cannot be used to implement mutual exclusion.*

- Priorité de 1 à 10 (par défaut 5). Un thread adopte la priorité de son processus créateur (*setPriority(int p)* permet de changer celle-ci)

- Ordonnancement dépendant des plate-formes (……...)
  - Tourniquet facultatif pour les processus de même priorité,
  - Le choix du processus actif parmi les éligibles de même priorité est arbitraire,
  - La sémantique de la méthode *yield()* n ’est pas définie, certaines plate-formes peuvent l ’ignorer (en général les plate-formes implantant un tourniquet)

Et le ramasse-miettes ?

Concurrence, synchronisation en Java

Moniteur de Hoare 1974

Moniteur en Java : usage du mot-clé *synchronized*

// extrait de java.lang.Object;

Attentes

final void wait() *throws InterruptedException*

final native void wait(long timeout) *throws InterruptedException*

...

// Notifications

final native void notify()

final native void notifyAll()

Moniteur de Hoare [PS90]

- Un moniteur définit une forme de module partagé dans un environnement parallèle
- Il encapsule des données et définit les procédures d ’accès à ces données
- Le moniteur assure un accès en exclusion mutuelle aux données qu ’il encapsule

- Synchronisation par les variables conditions :

  Abstraction évitant la gestion explicite de files d ’attente de processus bloqués

- L ’opération *wait* bloque l ’appelant
- L ’opération *notify* débloque éventuellement un processus bloqué à la suite d ’une opération *wait* sur le même moniteur
  - Variables conditions de Hoare (le processus signaleur est suspendu au profit du processus signalé); Variables conditions de Mesa(ordonnancement moins stricte)

Moniteur en Java, *usage de synchronized*

- Construction *synchronized*
- *synchronized(obj){*
- *// ici le code atomique sur l 'objet obj*
- *}*

- *class C {*
- *synchronized void p(){ ……}*
- *}*
- *////// ou //////*
- *class C {*
- *void p(){*
- *synchronized (this){……}*
- *}}*

Une ressource en exclusion mutuelle

```
public class Ressource {
   private double valeur;

   synchronized double lire(){
     return valeur;
   }

  synchronized void ecrire(double v){
    valeur = v;
   }
}
```

Le langage garantit l 'atomicité en lecture et écriture des variables des types primitfs comme ***byte,char,short,int,float,reference*** *(Object)*

mais ce n 'est pas le cas pour ***long*** et ***double***

Une file de messages (héritage et moniteur)

```
import java.util.Vector;
public class FileDeMessages {
  private Vector laFile = new Vector();


  public synchronized void envoyer(Object obj) {
    laFile.addElement(obj);
  }


  public synchronized Object recevoir () {
    if (laFile.size() == 0){
      return null;
    }else{
      Object obj = laFile.firstElement();
      laFile.removeElementAt(0);
      return obj;
    }
  }}
```

Mécanisme de synchronisation[PS90]

- L ’exclusion mutuelle assurée sur les procédures d ’accès n ’est pas une règle d ’ordonnancement universelle
- L ’évolution d ’un processus peut-être momentanément bloqué tant qu ’une condition n ’est pas vérifiée
- Lorsque la condition attendue devient vraie, un ou plusieurs processus peuvent continuer
- Mécanisme de synchronisation en Java lié au moniteur
  - la classe java.lang.Object
  - wait() et notify()

Le joueur de ping-pong revisité

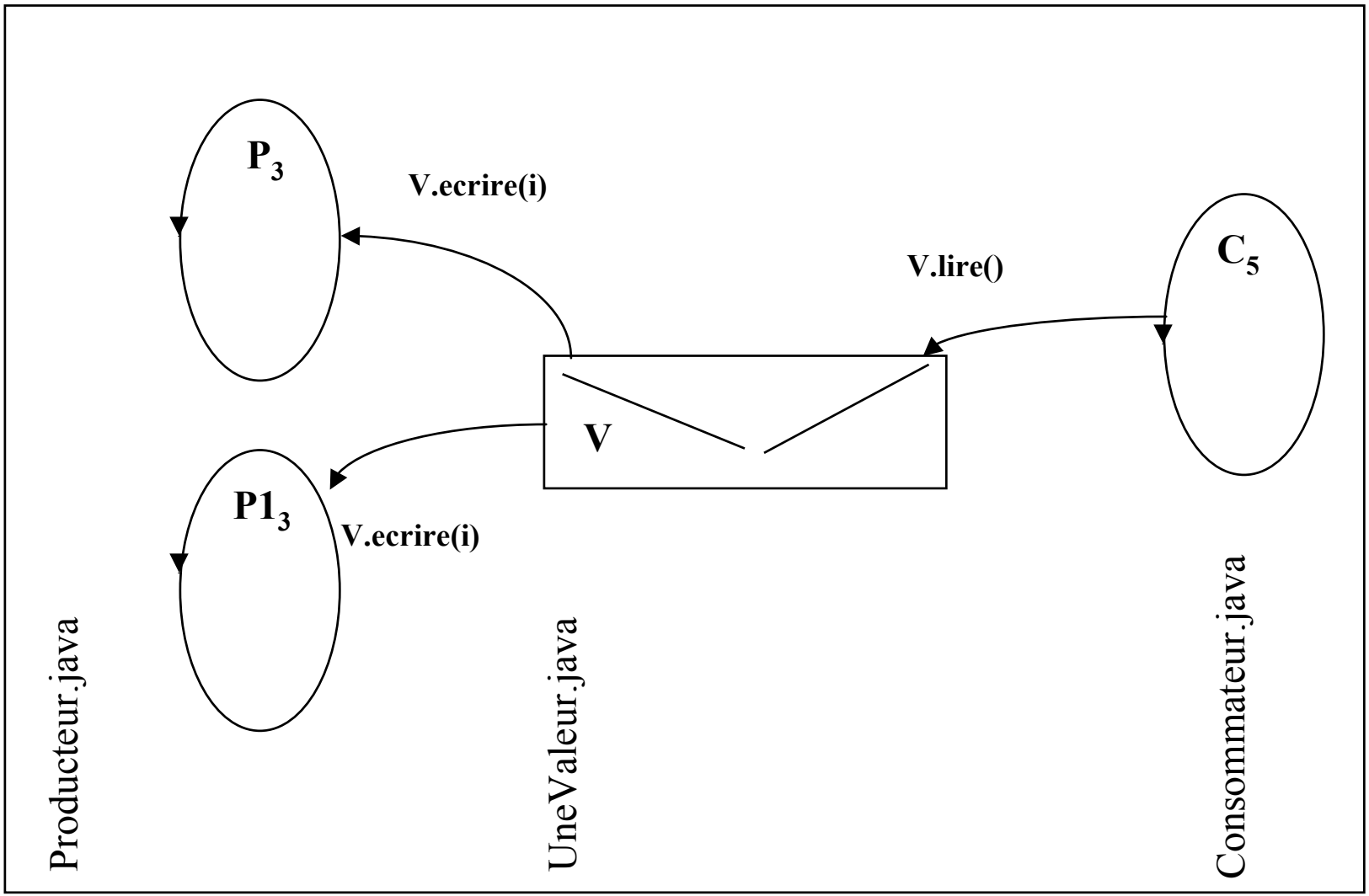
```
interface Table {
  final static int PING=0;
  final static int PONG=1;
  void jouerPing();
  void jouerPong();
}
```

```
// Entrelacement de ping et de pong
public class TableEnSimple implements Table{
  private int coup = PING;
  private long    nombreDeCoups = 0;

  public synchronized void jouerPing(){
    if (coup == PING) try{
        wait();
   }catch(InterruptedException e){};
    coup = PING;
    notify();
  }

  public synchronized void jouerPong(){
    if (coup == PONG) try{
      wait();
   }catch(InterruptedException e){};
    coup = PONG;
    notify();
  }
}
```

Le joueur de ping-pong revisité (2)

```
public class Joueur extends Thread{
  private static TableEnSimple table;
  private static Joueur jojo;

  public static void main(String args[]){
    while (true){
      table.jouerPing();            // le main est un joueur ping
    }}

  public void run(){
    while (true){
      table.jouerPong();
    } }

  static{
    table = new TableEnSimple();
    jojo = new Joueur();
    jojo.start();  }}
```

Moniteur et variable condition



Communication en synchronisation faible

Utilisation : ProdCons.java

```
public class ProdCons {

  public static void main(String Args[]){
    Thread Main = Thread.currentThread();

    UneValeur V = new UneValeur();
    Producteur   P  = new Producteur(V);
    Producteur   P1 = new Producteur(V);
    Consommateur C  = new Consommateur(V);

    P.start("Producteur P",3);
    P1.start("Producteur P1",3);
    C.start("Consommateur_C",5);
    try{
      Main.sleep(2000);   //  ou Thread.sleep
      P1.stop();
      Main.sleep(2000);
      P.stop();
      C.stop();
    }catch(Exception e){}
  }}
```

Moniteur et variable condition: UneValeur.java

```
public class UneValeur {
  private int val = 0;
  private boolean val_Presente = false;

  public synchronized int lire(){
    if (!val_Presente){
      try{    wait(); }catch(Exception e){}
    }
    val_Presente = false;
    notify();
    return val;
  }
  public synchronized void ecrire(int x){
    if (val_Presente){
      try{
        wait();
      }catch(Exception e){}
    }
    val = x;  val_Presente = true;
    notify();
  }}
```

Exemple d'utilisation : Producteur.java

```
public class Producteur extends NewThread{
  private UneValeur V;
   Producteur(UneValeur V){
     this.V = V;
   }

   public void run(){
     int i = 0;
     System.out.println("+" + this.toString());
     while(true){
       V.ecrire(i);
       System.out.println("V.ecrire(" + i +")");
       i++;
     }}}

public class NewThread extends Thread{
   public synchronized void start(String Nom, int Priorite){
     setName(Nom);
     setPriority(Priorite);
     super.start();
   }}
```

Exemple d'utilisation : Consommateur.java

```
public class Consommateur extends NewThread{
  private UneValeur V;

   Consommateur(UneValeur V){
     this.V = V;
   }

   public void run(){
     int i;
     System.out.println("+" + this.toString());
     while(true){
       i = V.lire();
       System.out.println("V.lire() == " + i );
     }
   }
}
```

Moniteur et variable condition

```
public class UneValeur {
  private int val = 0;
  private boolean val_Presente = false;


  public synchronized int lire(){
    while (!val_Presente){
      try{    wait();        }catch(Exception e){}
    }
    val_Presente = false;
    notifyAll();
    return val;
  }
  public synchronized void ecrire(int x){
    while (val_Presente){
      try{    wait();        }catch(Exception e){}
    }
    val = x;
    val_Presente = true;
    notifyAll();
}}
```

notify et notifyAll

- Commentaires ...

Schéma d ’une condition gardée

```
• synchronized (this){
•     while (!condition){
•         try{
•             wait();

•         }catch (Exception e){}
•     }
• }
• synchronized (this){
•     condition = true;
•     notify();    // ou notifyAll()
• }
```

notes : **synchronized(this)** engendre la création d ’un moniteur associé à this

wait(), ou **notify()** (pour this.wait() ou this.notify())

this.wait() : mise en attente sur le moniteur associé à this, this.notify() réveille l’un des processus en attente sur ce moniteur (lequel ?)

Deux exemples

- Un réservoir de Thread disponibles
- Un serveur Web

Un exemple approprié : ThreadPool

http://lmi92.cnam.fr:8080/tp_cdi/Tp9_1/Tp9_1.html

- Le pool consiste en la création anticipée de plusieurs "Thread" ensuite affectés aux requêtes émises par l'utilisateur.

- La méthode **public void execute(Runnable r);** recherche un "Thread" disponible et exécute la méthode public void run() du paramètre r

- Si aucun thread n'est disponible l'appelant est bloqué.

ThreadPool : principes

```
/** deux classes internes ThreadLocal et Stack */


public ThreadPool(int max){
   stk = new ThreadPool.Stack(max);
   for(int i=0; i < max;i++){new LocalThread(stk);}
  }

   public void execute(Runnable r){
    stk.pop().start(r);
  }
```

ThreadPool : la classe LocalThread

```
private static class LocalThread extends Thread{
  private ThreadPool.Stack   stk;
  private java.lang.Runnable r;


  private LocalThread(ThreadPool.Stack stk){
    super();         // un Thread avant tout
    this.stk =stk;   // la pile d'appartenance
    super.start();   // il devient eligible
    Thread.yield(); // il devrait obtenir le processeur
   }
```

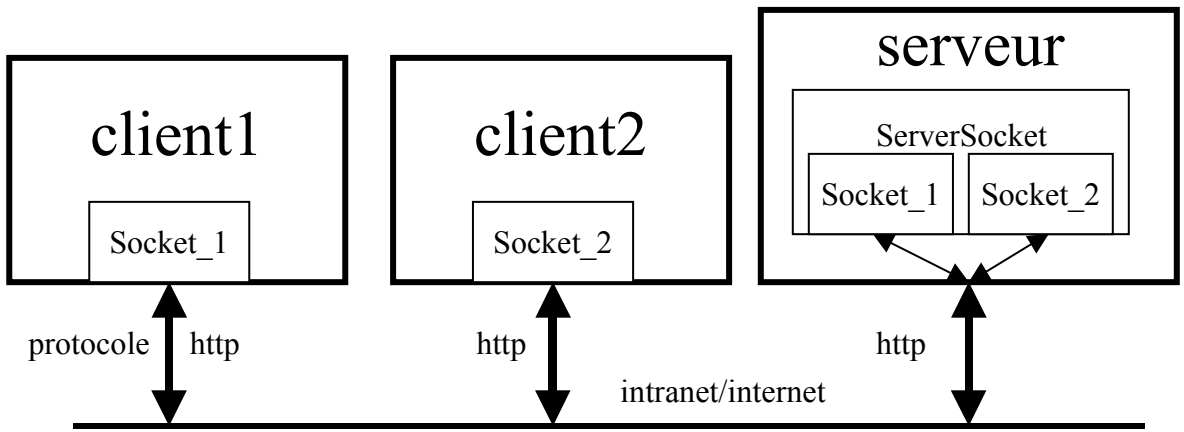
ThreadPool : la classe interne LocalThread

```
public void run(){
    try{
      while(!this.isInterrupted()){
        synchronized(this){
            stk.push(this);  // mise en pool
            this.wait();     // attente d'une sélection
        }
        r.run();  // exécution attendue par l'utilisateur
      }}catch(InterruptedException ie){
        // ce thread est arrêté
      }}


private synchronized void start(java.lang.Runnable r){
      this.r = r;
     this.notify();
    }
  }
```

ThreadPool : la classe interne Stack

```
private static class Stack{
  private int index; /** le pointeur de pile */
  private ThreadPool.LocalThread[] data;// les éléments
  public Stack(int maxThreads){…}

  public synchronized void push(ThreadPool.LocalThread r){
        data[index] = r;
        index++;
        notify();
     }

  public synchronized ThreadPool.LocalThread pop(){
      while (index==0){// pile est vide
        try{
            wait();  // les appelants sont bloqués
          }catch(InterruptedException ie){}
       }
      index--;
      return data[index];
     }
```

Serveur Web en Java



import java.net.Socket;
import java.net.ServerSocket;

Schéma d'un serveur en Java(1)

```
import java.net.*;
import java.io.*;
public class ServeurWeb_UneSeuleRequete{

 public static void main(String [] args) throws IOException{

   ServerSocket serveur = new ServerSocket(8080);
   Socket s = serveur.accept();

  try{
   PrintStream out;
   out = new PrintStream(s.getOutputStream());
   BufferedReader in;
   in = new BufferedReader(new InputStreamReader(s.getInputStream()));
   String req = in.readLine();

    // traitement de la requête selon le protocole HTTP
   ...
```

Schéma d'un serveur en Java(2)

```
public class ServeurWeb{ // un Thread à chaque requête

 public static void main(String [] args) throws IOException{
   ServerSocket serveur = new ServerSocket(8080);
   while(true){
     Thread t = new Connexion(serveur.accept());
     t.start();
   }
  }

  private class Connexion implements Runnable{
    private Socket s;
    public Connexion(Socket s){this.s = s;}
    public void run(){
      PrintStream out = new PrintStream(s.getOutputStream());
      BufferedReader in;
      in = new BufferedReader(new InputStreamReader(s.getInputStream()));
      String req = in.readLine();

      // traitement de la requête selon le protocole HTTP
```

Traitement d'une requête

```
 StringTokenizer st = new StringTokenizer(req);
 if((st.countTokens()>=2) && st.nextToken().equals("GET")){
 try{String name = st.nextToken();
     if (name.startsWith("/")) name = name.substring(1);
     File f = new File(name);
     DataInputStream fis = new DataInputStream(new FileInputStream(f));
     byte[] data = new byte[(int)f.length()]; fis.read(data);

     out.print("HTTP/1.0 200 OK\r\n");
     out.print("Content-Type: text/html \r\n ");
     out.print("Content-Length: " + f.length() + "\r\n\r\n");
     out.write(data);
}catch(FileNotFoundException e){
     out.print("HTTP/1.0 404 Not Found\r\n");
     out.print("Content-Type: text/html\r\n");
     String str = "<HTML><BODY><H1>" + " Ce fichier n'existe pas !" +
                  "</H1></BODY>\r\n\r\n";
     out.print("Content-Length: " + str.length() + "\r\n\r\n");
     out.print(str);
     ...
```

Schéma d'un serveur en Java(3)

```
public class ServeurWeb{ // avec un Pool de Thread

 public static void main(String [] args) throws IOException{
   ServerSocket serveur = new ServerSocket(8080);
   while(true){
      pool.execute(new Connexion(serveur.accept());
   }
  }


  private class Connexion implements Runnable{
    private Socket s;
    public Connexion(Socket s){this.s = s;}
    public void run(){
      PrintStream out = new PrintStream(s.getOutputStream());
      BufferedReader in;
      in = new BufferedReader(new InputStreamReader(s.getInputStream()));
      String req = in.readLine();

      // traitement de la requête selon le protocole HTTP
```

Divers

- Divers et obsolète
  - Sémaphore binaire
  - Sémaphore à compte
- Interblocages toujours possibles

Divers : Un Sémaphore binaire

- Java a implicitement les sémaphores de ce type
  - Object mutex = new Object();
  - **synchronized**(mutex){ // P(mutex)

    ….

    ….
  - } // V(mutex)
- Emploi désuet ….

Divers : Un Sémaphore à compte [Lea p 97]

```
public final class CountingSemaphore{
  private int count;

  CountingSemaphore(int initialCount){
    this.count = initialCount;
  }

  public synchronized void P(){
    while( this.count <= 0){       // if(this.count <= 0)
      try{   wait();   }catch(InterruptedException e){}
    }
    this.count--;}

  public synchronized void V(){
    this.count++;
    notify();
  }}
```

Interblocage ....

```
class UnExemple{
  protected Object variableCondition;

  public synchronized void aa(){
    …
    synchronized(variableCondition){
      while (!condition){
        try{
          variableCondition.wait(); // attente sur variableCondition
                                    // dans une instance de UnExemple
        }catch(InterruptedException e){}
  }}

  public synchronized void bb(){ // aucun processus ne peut accèder a bb()
                    // donc aucune notification possible sur variableCondition
     synchronized(variableCondition){
        variableCondition.notifyAll();
  }}
```

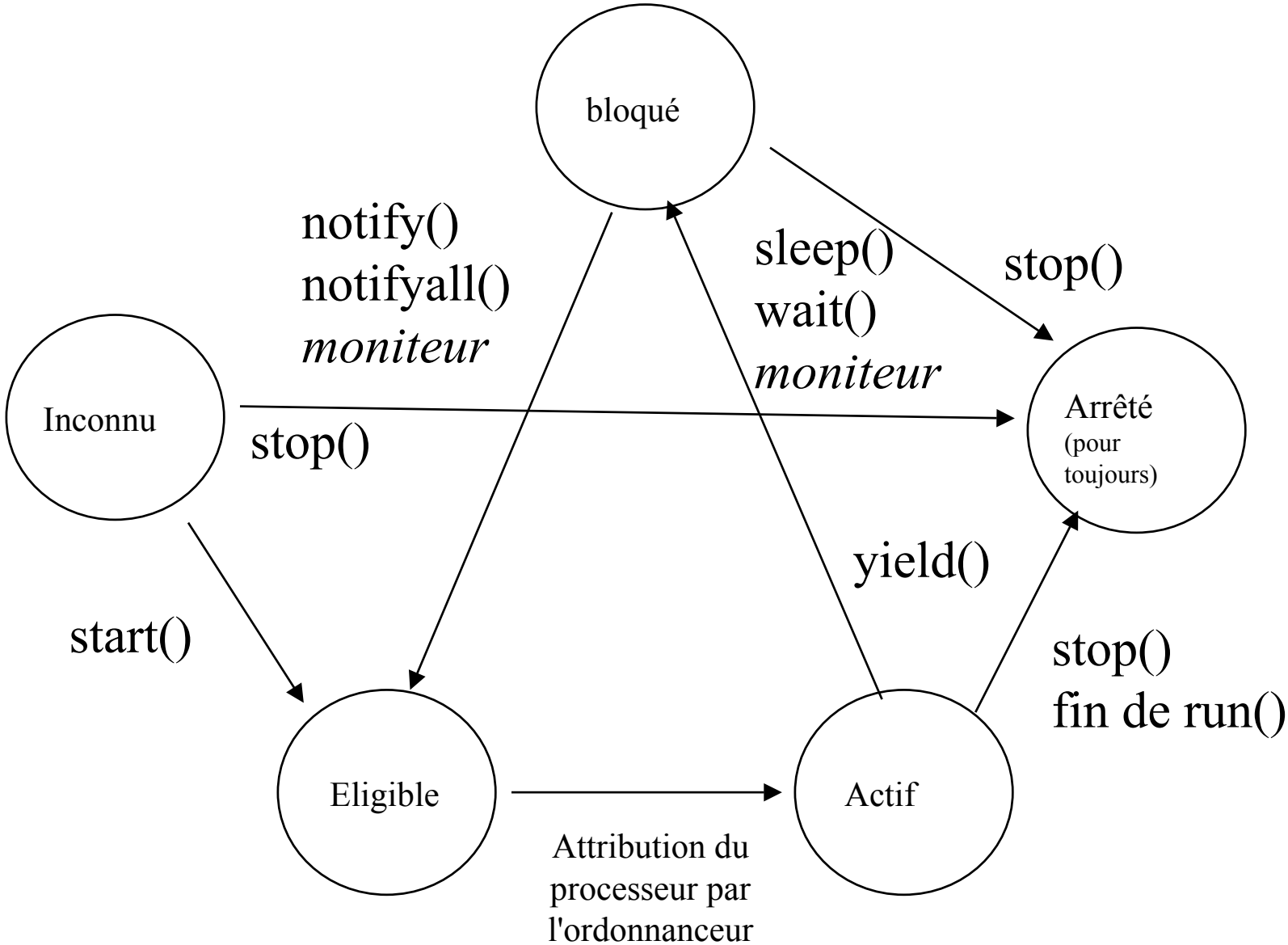
Interblocage ....suite [Lea p 69]

```
public class Cell{
  private int value;
  public synchronized int getValue(){  return value; }
  public synchronized void setValue(int v){ value=v; }

  public synchronized void swap(Cell other){
    int newValue = other.getValue();      <===
    other.setValue( getValue());
    setValue( newValue);
  }}
```

- Thread 1 Thread 2
  -> x.swap(y) -> y.swap(x)

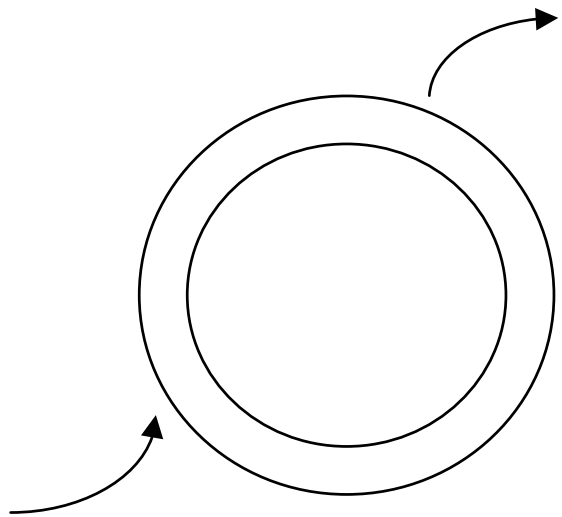
- Les 2 *Thread* sont en <==, ...

Etats d'un "Thread"



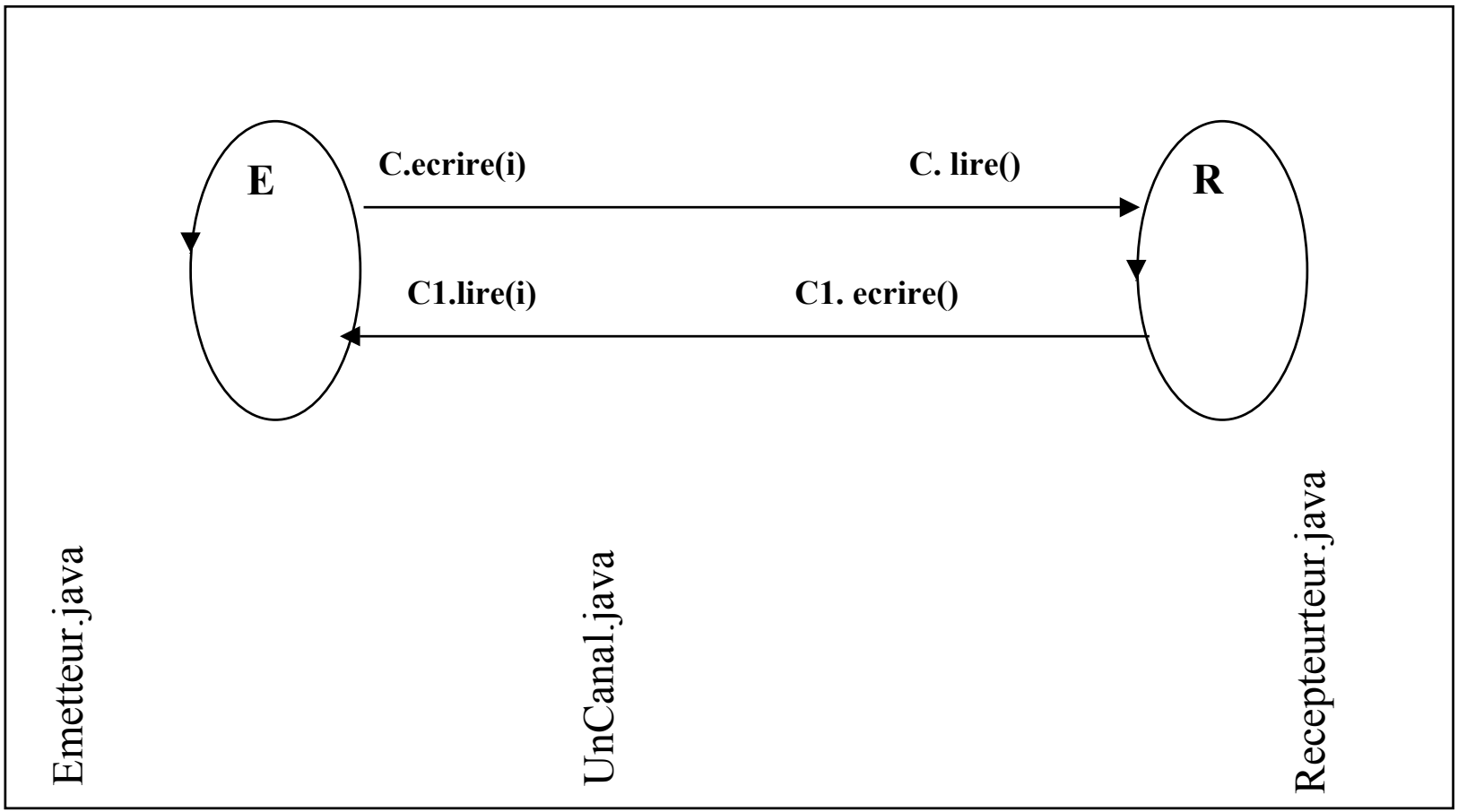
Moniteur et variable condition: UnBuffer.java

```
class UnBuffer extends java.util.Vector{
   public UnBuffer ( int taille ){super(taille); }

   public synchronized void deposer (Object item){
     while (elementCount==capacity()){
       try{
         wait();
       }catch(Exception e){}
     }
     notifyAll();
     addElement(item);
   }

   public synchronized Object retirer (){
     while (isEmpty()){
       try{
         wait();
       }catch(Exception e){}
     }
     notifyAll();
     Object firstElement = firstElement();
     removeElementAt(0);
     return firstElement;
   }}
```



Passage de message en Rendez-vous

Communication en synchronisation forte, uni-directionnelle, point à point, sans file d'attente(modèle CSP)



Rendez-vous : UnCanal.java

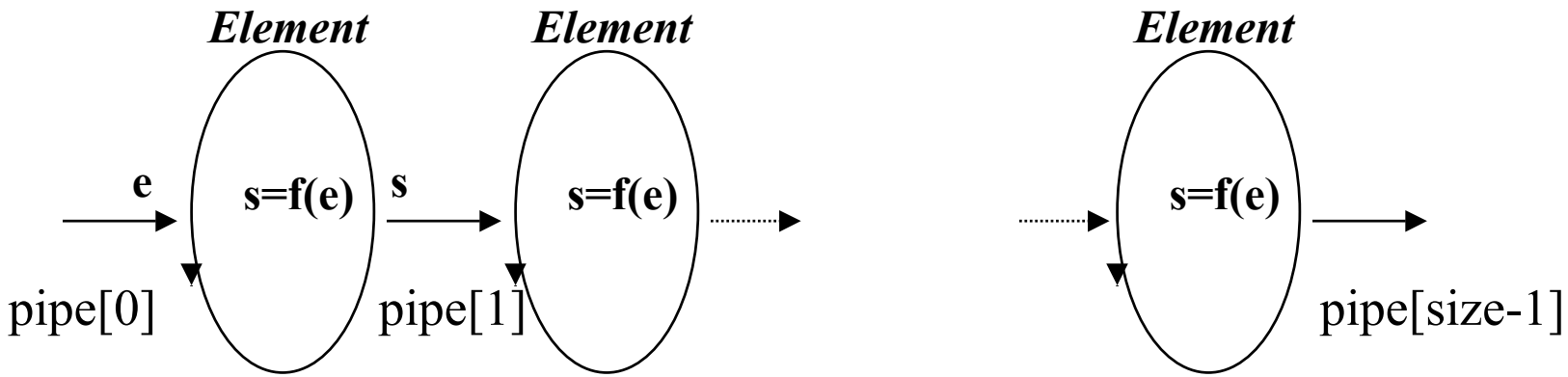
```
public class UnCanal {
  private int val = 0;
  private boolean emetteur_Present=false,recepteur_Present=false;

  public synchronized int lire(){
    recepteur_Present = true;
    if (!emetteur_Present){
      try{    wait();    }catch(Exception e){}
    }
    recepteur_Present = false;
    notify();
    return val;}

  public synchronized void ecrire(int x){
    val = x;              // le canal en RdV  est toujours vide
    emetteur_Present = true;
    notify();
    if (!recepteur_Present){
      try{      wait();     }catch(Exception e){}
    }
    emetteur_Present = false;          // il a redemmarre }}
```

Rendez-vous : Une utilisation

```
public class TestThreadRendezVous{

  public static void main(String args[]){

    UnCanal C = new UnCanal();
    Emetteur  E  = new Emetteur(C);
    Recepteur R  = new Recepteur(C);

    E.start("Emetteur E",5);
    R.start("Recepteur R",5);
    try{
      Thread.sleep(2000);
      E.stop();
      R.stop();
    }catch(Exception e){}

  }}
```

Un réseau de Thread en pipeline

Chaque Thread issu de chaque instance de la classe ***Element*** réalise la fonction f, soit sortie=f(entree),
Chaque Lien est un canal en Rendez-vous

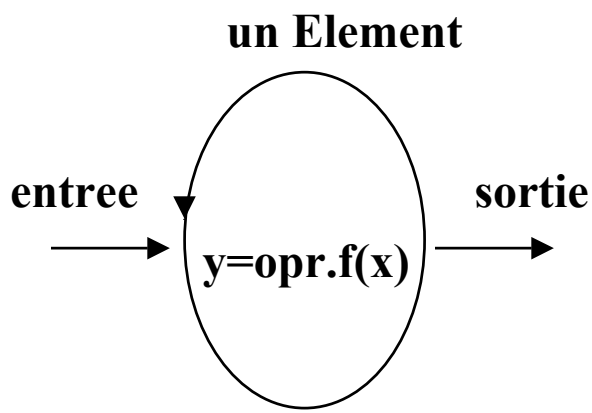


UnCanal pipe[] = new UnCanal[size];

La classe *Element*

```
class Element implements Runnable{
  private UnCanal entree, sortie;
  private Thread  local;
  private Operation opr;

  Element(UnCanal entree, UnCanal sortie, Operation opr){
    this.entree = entree;
    this.sortie = sortie;
    this.opr = opr;
    local = new Thread(this); local.start();
  }

  public void run(){
    while(true){
      int x= entree.lire();
      int y = opr.f(x);
      sortie.ecrire(y);
   }}}
```

```
interface Operation{
  public int f(int x);
}
```



La classe Pipeline

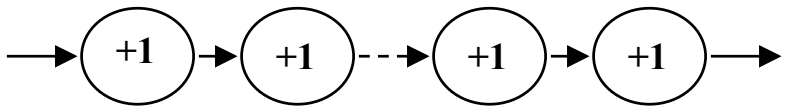
```
class Pipeline{
  private UnCanal pipe[];
  private int size;

  public Pipeline(int size, Operation opr){
    pipe = new UnCanal[size];
    for(int i=0;i<size;i++){
      pipe[i] = new UnCanal();
    }
    for(int i=0;i<size-1;i++){
      new Element(pipe[i],pipe[i+1],opr);
    }
    this.size = size;
  }

  public void envoyer(int val){
    pipe[0].ecrire(val);
  }
  public int recevoir(){
    return pipe[size-1].lire();
  }}
```

La classe TestPipeline : 2 réseaux

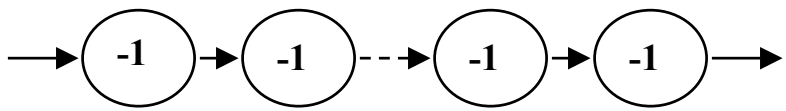
- public class TestPipeline{

- public static void main(String args[]){

- Pipeline pipe = new Pipeline(30,new Inc());
- pipe.envoyer(5);
- int val = pipe.recevoir();
- System.out.println("pipe1, valeur recue : " + val);



- Pipeline pipe2 = new Pipeline(30,new Dec());
- pipe2.envoyer(val);
- val = pipe2.recevoir();
- System.out.println("pipe2, valeur recue : " + val);
- }}




```
class Inc implements Operation{
  public int f (int x){
    return x+1; }}
```

```
class Dec implements Operation{
  public int f (int x){
    return x-1; }}
```

Héritage

- B dérive de A
  - B a accès aux membres protégés et publics de A
  - B implémente tous les interfaces de A
  - B exporte tous les membres publics de A
  - B ne peut restreindre les accès aux membres de A
  - B peut rendre publique une méthode protégée de A
  - toute méthode de B ayant la même signature qu ’une méthode de A protégée ou publique redéfinit celle-ci
  - B peut ajouter de nouveaux membres, données ou méthodes

Héritage et Thread

- Héritage de méthodes engendrant des Threads

```
class AutoThread implements Runnable{
    private Thread local;
     public AutoThread(){
                local = new Thread( this);
                local.start();
    }

     public void run(){
       if( local == Thread.currentThread()){
         while(true){
                System.out.println("dans AutoThread.run");
         }
  } }
```

- Le nombre d ’instances et le nombre de Thread diffèrent selon l ’usage et la redéfinition de la méthode *run()*

Héritage et Thread

```
class AutoThreadExtends extends AutoThread {
  private Thread local;
  public AutoThreadExtends (){
        super();
        local = new Thread( this);
        local.start();
  }
```

si auto = new AutoThreadExtends();

et pas de redéfinition de run dans la classe dérivée alors 1 seul Thread
et redéfinition de run dans la classe dérivée alors 1 seul Thread
et redéfinition de run dans la classe dérivée et appel de super.run() alors 2 Threads ….

Utilisation recommandée de l 'identification du Thread par :

```
  public void run(){
     if( local == Thread.currentThread()){...
```

Héritage et synchronisation

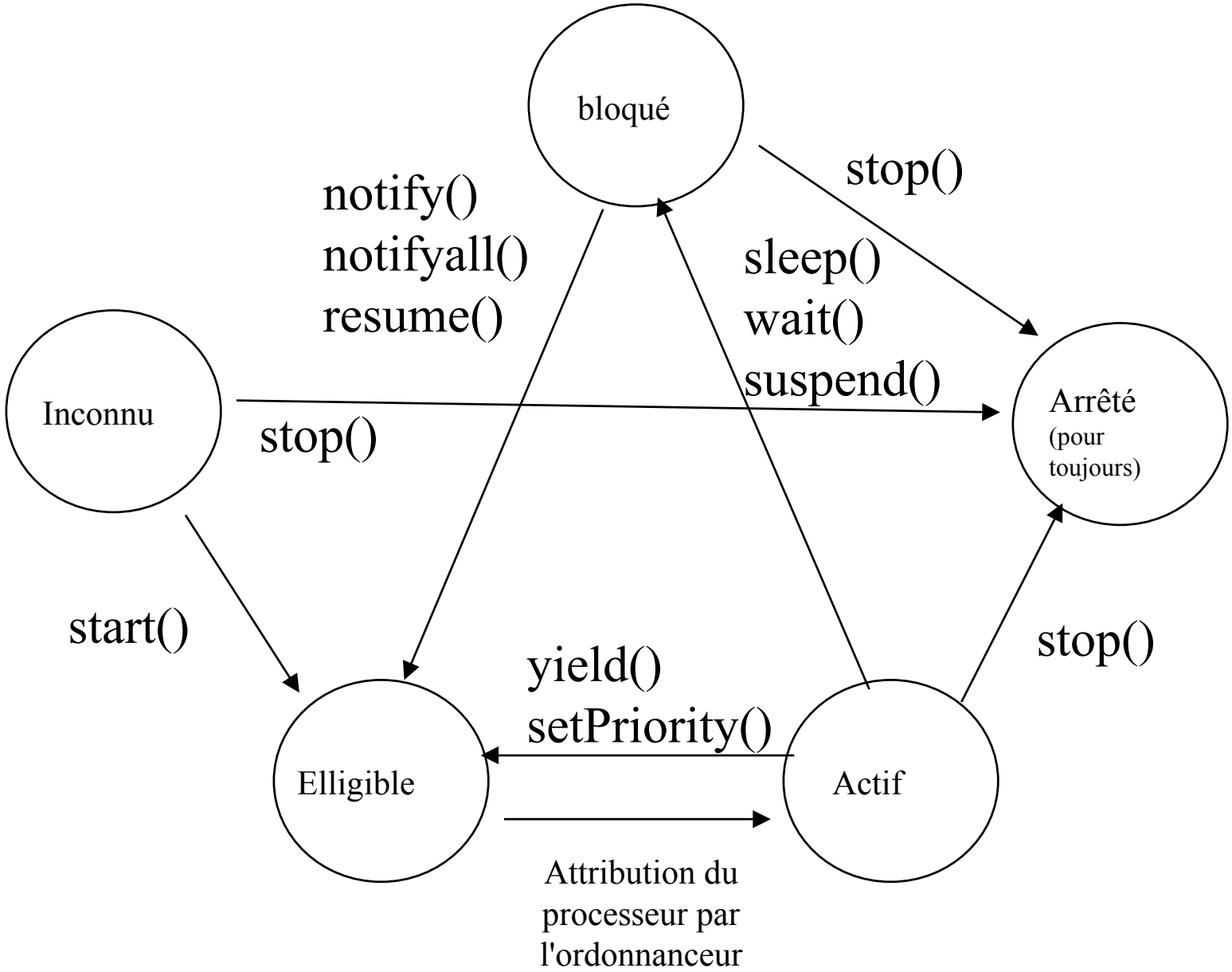
- ***synchronized*** est propre à la classe
- Une méthode qualifiée peut être redéfinie dans une sous-classe en enlevant cette construction
- La sous-classe doit assurer elle-même la *bonne* redéfinition des méthodes de sa super-classe

Ordonnancement suite

- A priorité,
  - *void setPriority()*
  - *int getPriority()*
  - Thread.MIN_PRIORITY (1)
  - Thread.MAX_PRIORITY (10)
  - Thread.NORM_PRIORITY (5)

- *void suspend()* et *void resume()*
- *void join()*
- *static void yield();*
- *void setDaemon(boolean on);*
- *boolean isDaemon();*

Etats d'un "Thread"



Ordonnancement

- A priorité égale : la spécification n'impose rien
  - Pas de soucis d'équité
  - A chaque ré-ordonnancement (si il existe) le processeur est attribué à un autre processus de priorité égale
  - Après un wait() c'est l'un des processus qui est choisi

- Sous Windows 95(JDK1.1.4), et MacOS (JDK 1.0.2)
  - Un tourniquet est déjà installé
- Sous Solaris 2.x (JDK 1.0.2 et 1.1)
  - Pas de tourniquet

Ordonnanceur de type tourniquet

```
class SimpleScheduler extends Thread{ // Java Threads page 139
  private int timeslice;

  SimpleScheduler(int t){
    timeslice = t;
    setPriority( Thread.MAX_PRIORITY);
    setDaemon(true);
  }

public void run (){
    while(true){
      try{
        sleep(timeslice);
      }catch(Exception e){}
    }
  }
}
```

Exemple d'utilisation

```
class Balle extends Thread{
  private String Id;
  Balle( String Id){
    this.Id = Id;
  }
  public void run(){
    while(true){
      System.out.println(Id);
    }
  }
}
```

```
public class TestSimpleScheduler{

  public static void main(String args[]){
    new SimpleScheduler(100).start();
    Balle ping = new Balle("ping");
    Balle pong = new Balle("pong");

    ping.start();
    pong.start();
  }
}
```

Ordonnanceurs

- Autres stratégies d ’ordonnancement
- Ordonnanceurs à échéance
  - http://www-cad.eecs.berkeley.edu/~jimy/java/
  - http://gee.cs.oswego.edu/dl/cpj/

interrupt() : levée de *InterruptedException*

```
class Cyclic extends Thread{
  private Thread t;

  Cyclic(Thread t){  // interruption de t  chaque seconde
    this.t = t;
    setPriority(Thread.MAX_PRIORITY);
  }

  public void run (){
    while(true){
      try{
        sleep(1000);
        t.interrupt();
      }catch(Exception e){}
    }
  }
}
```

TestInterrupt()

```
public class TestInterrupt{

  public static void main(String args[]){
    Thread Main = Thread.currentThread();
    new Cyclic(Main).start();
    Object obj = new Object();

    while(true){
      try{
        synchronized(obj){
          obj.wait();
        }
      }catch(InterruptedException e){
          System.out.println("InterruptedException");
// chaque seconde
      }
    }}}
```

java.lang.ThreadGroup

- Java.lang.ThreadGroup (p.477, Java in a Nutshell,2nd)
- Rassembler plusieurs Thread
  - Changer l ’état de tous les Threads d ’un groupe
    - suspend, resume, stop, setMaxPriority
  - Interroger l ’état des Threads…
    - isDaemon, isDestroyed, parentOf...
- Hiérarchiser les groupes de Threads
    - TheadrGroup(ThreadGroup parent,...), getParent

ThreadGroup, un exemple revisité : le Pipeline

```
class Element implements Runnable{
  ….
Element(ThreadGroup group,
        UnCanal entree, UnCanal sortie,Operation opr){
   ...
   local = new Thread(group,this);
   … }}


class Pipeline{
  ...
  private ThreadGroup group;
public Pipeline(int size, Operation opr){
   group = new ThreadGroup(this.toString());
   for(int i=0;i<size-1;i++){
     new Element(group,pipe[i],pipe[i+1],opr);
    }
….
  public void detruire(){
    group.stop();
  }}
```

Premières conclusions

- Mécanismes de bas-niveau
- Necessité d'une méthodologie voir doug Lea
- Commentaires ...

exercice :

- Développer une classe Java autorisant la communication entre processus en rendez-vous (inspirée de Canal.java). Plusieurs processus émetteurs comme récepteurs peuvent partager un même canal. La classe des objets transmis devra implémentée cet interface :
  - interface protocol extends cloneable{};
    - note : l'émission d'une instance, un objet induit sa recopie sur le canal de communication

- Développer un test de cette classe

- Faire le TP9_1:

http://lmi92.cnam.fr:8080/tp_cdi/Tp9_1/Tp9_1.html