JVM
.class, chargeur et instances de Class
Jeu d 'instructions

Cnam NFP121
jean-michel Douin, douin au cnam pt fr
version 13 Décembre de l'an 7

Bibliographie JVM

- **[LY96]T.Lindholm,F.Yellin. The Java Virtual machine Specification. The Java Series Addison Wesley. 1996.**
- **The VM specification.http://java.sun.com:81/docs/books/vmspec/html**
- **Présentation PowerPoint de Axel Kramer http://www.well.com/user/axel**
- **www.gamelan.com, recherche de: "Java Virtual Machine"**
- **La machine Kaffe de Tim Wilkinson, http://www.sarc.city.ac.uk/~tim/kaffe**
- **http://www.techniques-ingenieur.fr/dossier/machine_virtuelle_java/H1588**

Interpréteurs et machine à pile
- **N. Wirth.Algorithms+Data Structures=Programs,Chap 5 pp 280-347. Prentice Hall. 1976.(La machine P-code).**
- **N.Wirth. LILITH Modula workstation.Rapport ETH n°xxxx xxxx 1982. (La machine M-code).**

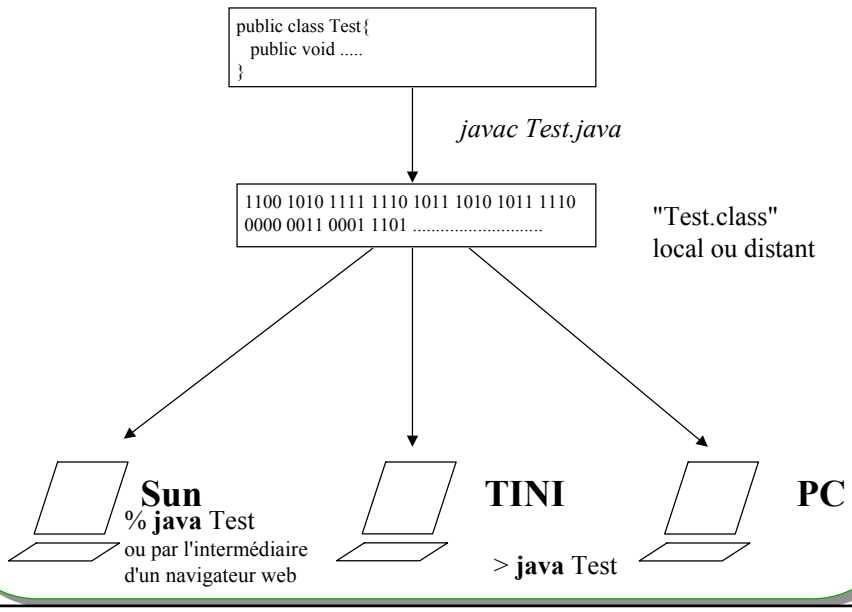
Processeurs Java
- **PicoJava: The Java Virtual Machine in Hardware. M.Tremblay Sun Microelectronics. support de l'exposé effectué à JavaOne (voir également microJava et ultraJava)**
- **Java Based Devices from Mitsubishi,M32R/D. E. Nguyen. exposé JavaOne**
- **voir Digital StrongARM,...**
- **Ajile, zucotto,...**

Processeurs basés sur une machine à pile
- **D.A.P.Mitchell,J.A.Thomson,G.A.Manson,G.R.Brookes.Inside the Transputer.BlackWell Scientific Publications. 1990**
- **ST20450, 32 bit microprocessor. Doc SGS-Thomson, May 1995. http://www.st.com/....**

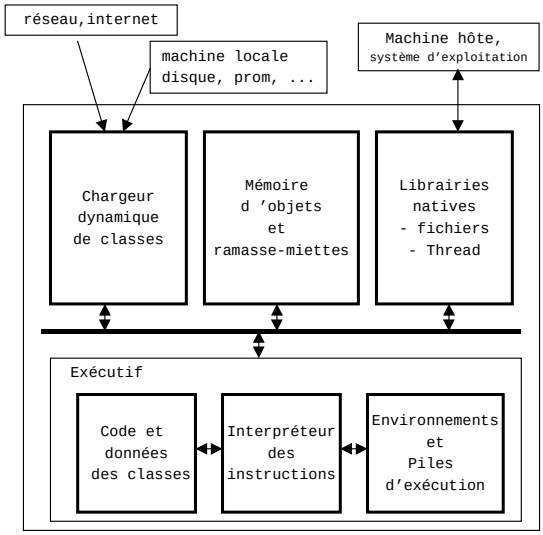
Sommaire

- **Présentation de la machine virtuelle Java (JVM)**
  - **Objectifs et architecture de la JVM**
  - **Le fichier généré ".class"**
  - **Le chargeur de ".class«**
  - **Instances de java.lang.Class**
  - **Le jeu d'instructions**
  - **Supervision avec JMX**
    - **Java Management eXtension**

Objectifs



Architecture



- **Java Virtual Machine**
  - **Chargeur de classes et l'exécutif**
  - **Extrait de http://www.techniques-ingenieur.fr/dossier/machine_virtuelle_java/H1588**

Chargeurs de classe

- **Chargement dynamique des *.class***
  - **Au fur et à mesure en fonction des besoins**
    - **Chargement paresseux, tardif, *lazy***
- **Le chargeur**
  - **Engendre des instances de *java.lang.Class***
  - **Maintient l'arbre d'héritage**
- **Plusieurs chargeurs de classes peuvent co-exister**
- **Les instances de la classe *java.lang.Class***
  - **« Sont des instances comme les autres »**
  - **Gérées par le ramasse-miettes**

L'exécutif

- **Types de données**
- **Les registres**
- **La pile d'exécution et la mémoire**
  - ***constant pool***
  - ***Interface,field,methods***
  - **Et autres**
- **L'interpréteur de *bytecode***

Sommaire : Classes et *java.lang.Class*

- **Le fichier *.class***
  - **format**
- **Le chargeur de *.class***
  - **Les chargeurs …**

Le fichier généré ".class"

- **Prémisses**

- **Format du fichier généré**
- **Le *constant pool***
- **Informations sur l'interface(s) utilisée(s) par cette classe**
- **Description des champs des variables de classe ou d'instances**
- **Description des méthodes**
- **Description de ce fichier**

→ ***Table des symboles, sans choix d'implantation .***

Prémisses

- **Compatibilité binaire chapitre 13 *Java Specification***
- **Gestion de projets et internet**
- **Quelles sont les contraintes de compatibilité binaire ?**

- **? Peut-on ajouter de nouvelles méthodes ou variables d'instance d'une classe tout en garantissant l'exécution d'une application antérieure ?**

- ***→ Forme symbolique du .class***

Prémisses

- ajout de nouveaux champs
- ajout de nouvelles classes dans un package
- modification du type de déclaration
- modification du graphe d'héritage
- ...

- → *Forme symbolique du .class*

Format du ".class" : description informelle

- ClassFile {

– u4 magic; – u2 minor_version; – u2 major_version;	*Entête du fichier*
– u2 constant_pool_count; – cp_info *constant_pool;	*Symboles et signatures*
– u2 access_flags; – u2 this_class; – u2 super_class;	*"type" de la classe, son nom, le nom de la super-classe*
– u2 interfaces_count; – u2 *interfaces;	*les interfaces*
– u2 fields_count; – field_info *fields;	*Variables de la classe ou d'instances*
– u2 method_count; – method_info *methods;	*Les méthodes de classe ou d'instances*
– u2 attributes_count; – attribute_info *attributes; }	*Description de ce fichier*

Entête

- u4 magic;
- u2 minor_version;
- u2 major_version;

- **0xCAFE 0xBABE**
- **3**
- **45**

Vérification de la Compatibilité

Le constant_pool

- u2 constant_pool_count;
- cp_info *constant_pool;

- ***cp_info *constant_pool;***
- **typedef struct {**
- **u1 tag;**
- **u1 *info;**
- **}**cp_info;

#define CONSTANT_Class	7
#define CONSTANT_Fieldref	9
#define CONSTANT_Methodref	10
#define CONSTANT_String	8
#define CONSTANT_Integer	3
#define CONSTANT_Float	4
#define CONSTANT_Long	5
#define CONSTANT_Double	6
#define CONSTANT_InterfaceMethoderef	11
#define CONSTANT_NameAndType	12
#define CONSTANT_Asciz	1
#define CONSTANT_Utf8	1

```
typedef struct{
        u1 tag;
        u4 bytes;
  }CONSTANT_Integer_info;
```

- **Exemple :**
  si **pool_constant[i] est un entier**
  alors **pool_constant[i].tag == 3);**
  pool_constant[i]->info == valeur de cet entier

u1 *: un octet,* ***u4*** *: 4 octets*

Un exemple « primitif »

```
class bulbe{
  public static void main( String args[]){
    int [] n = new int[6];
    n[0]=0;n[1]=2;n[2]=1;n[3]=3;n[4]=4;n[5]=1;



    boolean sorted = false;
    while(!sorted){
      sorted = true;
      for(int i = 0; i < 5; i++){
        if (n[i] > n[i + 1]){
          int temp = n[i];
          n[i] = n[i + 1];
          n[i + 1] = temp;
          sorted = false;
        }
      }
    }}}
```


Un exemple de constant_pool

```
pool_count : 31
[ 1]   tag:  7  name_index:  9
[ 2]   tag:  7  name_index: 20
[ 3]   tag: 10  class_index:  2  name_and_type_index:  4
[ 4]   tag: 12  class_index: 24  descriptor_index: 28
[ 5]   tag:  1  length:  4  this
[ 6]   tag:  1  length:  1  Z
[ 7]   tag:  1  length: 13  ConstantValue
[ 8]   tag:  1  length:  7  Lbulbe;
[ 9]   tag:  1  length:  5  bulbe
[10]   tag:  1  length: 18  LocalVariableTable
[11]   tag:  1  length:  4  temp
[12]   tag:  1  length: 10  Exceptions
[13]   tag:  1  length: 10  bulbe.java
[14]   tag:  1  length: 15  LineNumberTable
[15]   tag:  1  length:  1  I
[16]   tag:  1  length: 10  SourceFile
[17]   tag:  1  length: 14  LocalVariables
[18]   tag:  1  length:  4  Code
[19]   tag:  1  length:  4  args
[20]   tag:  1  length: 16  java/lang/Object
[21]   tag:  1  length:  4  main
```

Suite du constant_pool

- `[22]  tag:  1  length: 22  ([Ljava/lang/String;)V`
- `[23]  tag:  1  length:  4  trie`
- `[24]  tag:  1  length:  6  <init>`
- `[25]  tag:  1  length:  6  sorted`
- `[26]  tag:  1  length:  1  n`
- `[27]  tag:  1  length:  2  [I`
- `[28]  tag:  1  length:  3  ()V`
- `[29]  tag:  1  length:  1  i`
- `[30]  tag:  1  length: 19  [Ljava/lang/String;`

- `pool_constant[0] est réservé`

- → *Forme symbolique du .class …*

access_flag, this_class, super_class

- u2 access_flags;
- u2 this_class;
- u2 super_class;

```
#define ACC_PUBLIC       0x0001
#define ACC_FINAL        0x0010
#define ACC_SUPER        0x0020    /* obsolète */
#define ACC_INTERFACE    0x0200
#define ACC_ABSTRACT     0x0400
```

- **this_class**
  - **Indice dans le constant_pool, (nom de la classe)**
    Indice 1 pour l'exemple (tag 7)

- **super_class**
  - **Indice dans le constant_pool, (nom de la super classe),**
    Indice 2 pour l'exemple (tag 7)
    soit java/lang/Object

field_info

- u2 interfaces_count;
- u2 *interfaces;
- u2 fields_count;
- field_info *fields;

```
typedef struct{
        u2 access_flags;
        u2 name_index;                          /* indices */
        u2 descriptor_index;        /* dans le constant_pool    */
        u2 attributes_count;
        ConstantValue_attribute *attributes;
      }field_info;
```

```
typedef struct{
        u2 attribute_name_index;
        u4 attribute_length;
        u2 constantvalue_index;
      } ConstantValue_attribute;
```


Lecture des descripteurs de "Field"

- ***FieldType ::= BaseType | ObjectType | ArrayType***
- ***BaseType***
  - B **byte**
  - C **char**
  - D **double**
  - F **float**
  - I **int**
  - J **long**
  - S **short**
  - Z **boolean**
- ***ObjectType***
  - **L<classname>;**
- ***ArrayType***
  - **[table**

Exemples :
double m[] [] --> **[[D**

Strings args[] --> **[Ljava/lang/String;**

Field

- **Fields**
  - recense tous les champs d'une classe
  - Statiques
    - fields[i].access_flag & ACC_STATIC == ACC_STATIC
  - ou locaux à chaque instance

  - Note d'implantation :
    - Les types B,C,F,I,L et [occupent un mot machine (32 bits)
    - Les types D et J occupent 2 mots

method_info

- u2 method_count;
- method_info *methods;

```
typedef struct{
        u2 access_flags;
        u2 name_index;
        u2 descriptor_index;
        u2 attributes_count;
        Code_attribute *attributes;
      } method_info;
```

method_info.Code_attribute

```
typedef struct{
        u2 start_pc;
        u2 end_pc;
        u2 handler_pc;
        u2 catch_type;
      } exception_info;
```

```
typedef struct{
        u2 attribute_name_index;
        u4 attribute_length;
        u2 max_stack;
        u2 max_locals;
        u4 code_length;
        u1 *code;
        u2 exception_table_length;
        exception_info *exception_table;
        u2 attributes_count;
        attribute_info *attributes;
      } Code_attribute;
```


Sur l'exemple

- method_count: 2
- method.access_flags: 0x9 /* c'est la méthode main */
- method.name_index: 21
- method.descriptor_index: 22
- method.attributes_count: 1
- attribute_name_index: 18
- attribute_length: 297
- code : 10,6,bc,a,.....3e,b1, /* le byte code 297 octets */

- Soit dans le constant_pool

```
[18]  tag:  1  length:  4  Code
[21]  tag:  1  length:  4  main
[22]  tag:  1  length: 22
([Ljava/lang/String;)V
```

Lecture des descripteurs de "method"

- ***MethodDescriptor ::= (FieldType *) ReturnDescriptor***
- ***ReturnDescriptor ::= FieldType | V***
  - **V si le type retourné est void**

Exemples :
Object m(int i, double d, Thread T)
--> **(IDLjava/lang/Thread;)Ljava/lang/Object;**

void main(String args[]) --> **([Ljava/lang/String;)V**

méthodes d'initialisation

- **<init>V**
  - **Constructeur par défaut de chaque instance**
  - *Sur l'exemple "bulbe.<init>V" est bien présent*
- **<clinit>V**
  - **méthode d'initialisation d'une classe (bloc static)**
  - **exécutée une seule fois au chargement de celle-ci**

method_info.Code_attribute.attributes

- **typedef struct{**
- **u2 attribute_name_index;**
- **u4 attribute_length;**
- **u2 line_number_table_length;**
- **line_number_info *line_number_table;**
- }LineNumberTable_attribute;

- *--> informations destinées au débogueur symbolique*

ClassFile.attributes

- **typedef struct{**
- **u2 attribute_name_index;**
- **u4 attribute_length;**
- **u2 sourcefile_index;**
- } SourceFile_attribute;

- **u2 attributes_count;**
- **attribute_info *attributes;**

- **Sur l'exemple**
- **analyse de 'attributes'**
- **attributes_count: 1**
- **source_attribute.name_index : 16**
- **source_attribute.length : 2**
- **source_attribute.sourcefile_index : 13**

```
constant_pool
[13]  tag: 1  length: 10  bulbe.java
[16]  tag: 1  length: 10  SourceFile
```

Pause …

- → *Forme symbolique du .class*
- **Usage d'un décompilateur du « .class » en « .java »**
  - **Par exemple**
    - **http://www.kpdus.com/jad.html**
    - **http://members.fortunecity.com/neshkov/dj.html**
- **Obfuscator**
  - **Par exemple**
    - **http://proguard.sourceforge.net/**

Avant - Après

```
class bulbe{

  public static void main(String args[]){
    int [] n = new int[6];
    n[0]=0;n[1]=2;n[2]=1;
    n[3]=3;n[4]=4;n[5]=1;
    boolean sorted = false;
    while(!sorted){
      sorted = true;
      for(int i = 0; i < 5; i++){
        if (n[i] > n[i + 1]){
          int temp = n[i];
          n[i] = n[i + 1];
          n[i + 1] = temp;
          sorted = false;
        }
      }
    }}}
```

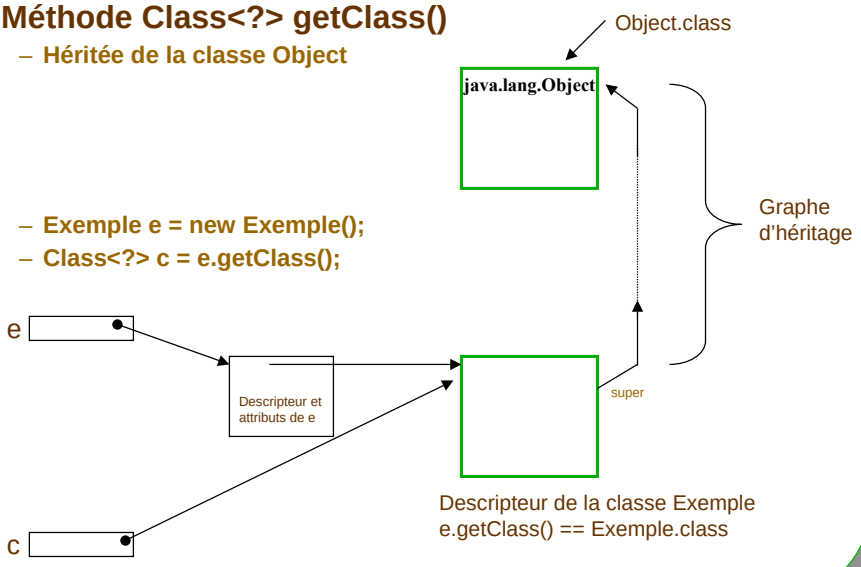
```
// Decompiled by Jad v1.5.8g. Copyright 2001  Pavel Kouznetsov.

class bulbe{
  bulbe(){}

public static void main(String args[]){
      int ai[] = new int[6];
      ai[0] = 0;ai[1] = 2;ai[2] = 1;
      ai[3] = 3;ai[4] = 4;ai[5] = 1;
      boolean flag = false;
      while(!flag){
          flag = true;
          int i = 0;
          while(i < 5) {
              if(ai[i] > ai[i + 1]){
                  int j = ai[i];
                  ai[i] = ai[i + 1];
                  ai[i + 1] = j;
                  flag = false;
              }
              i++;
          }}}}
```

Sommaire suite

- **Chargeur dynamique de classe**
  - **Du *« .class » en Class***
- ***Et ensuite***
- **L'exécutif**
  - **Machine à pile**
  - **Registres**
  - **Jeu d'instructions**

Classe Class

- **Méthode Class<?> getClass()**
  - **Héritée de la classe Object**
  - **Exemple e = new Exemple();**
  - **Class<?> c = e.getClass();**



java.lang.Class

- **Classe Class et Introspection**
  - **java.lang.Class;**
  - **java.lang.reflect.*;**

Les méthodes

Constructor[] getConstructors
Field[] getFields
Field[] getDeclaredFields
Method[] getMethods
Method[] getDeclaredMethods
…. get ….

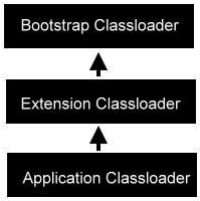
- **static Class<?> forName(String name);**
- **static Class<?> forName(String name, boolean init, ClassLoader cl);**
- **ClassLoader getClassLoader()**

Chargement d'une classe, ClassLoader

- **Implicite** *(tardif/paresseux)*
  - **Exemple e;** *// pas de chargement*
  - **Exemple e = new Exemple();** *// chargement (si absente)*
  - **Class<Exemple> classe = Exemple.class;** *// chargement (si absente)*
    - **Équivalent à Class<?> classe = Class.forName("Exemple") ;**
- **Explicite** *(immédiat)*
  - **String unNomdeClasse = XXXXX**
  - **Class.forName(unNomDeClasse)**
  - **Class.forName(unNomDeClasse, unBooléen, unChargeurDeClasse)**
  - **unChargeurDeClasse.loadClass (unNomDeClasse)**

ClassLoader de base

- **ClassLoader**
  - Par défaut celui de la JVM
    - *Bootstrap ClassLoader* en natif (librairies de base, rt.jar)
    - *Extension ClassLoader* en Java (lib/ext)
    - *Application/System ClassLoader* par défaut
    - *Bootstrap* parent-de *Extension* parent-de *Application*
  - *ClassLoader* prédéfinis ?
  - Écrire son propre *ClassLoader ?*



ClassLoader prédéfinis

- **SecureClassLoader**
  - la racine
- **URLClassLoader**
- **RMIClassLoader**
  - En distribué
    - Téléchargement des « .class » nécessaires

java.net
Class URLClassLoader

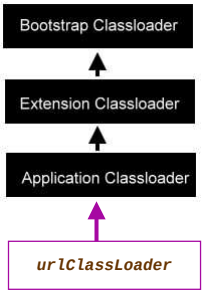
java.lang.Object
└ java.lang.ClassLoader
└ java.security.SecureClassLoader
└ java.net.URLClassLoader

Direct Known Subclasses:
MLet

URLClassLoader : un exemple

- **Chargement distant de fichier** *.class* **et exécution**
  - *Depuis cette archive*
    - http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/utiles.jar
  - Ou bien un .class à cette URL
    - http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/

1. *Création d'une instance de URLClassLoader*
2. *Son parent est le classLoader par défaut*
3. *Class<?> classe = forName(nom,init,urlClassLoader)*
   1. *nom le nom de la classe*
   2. *init : exécution des blocs statiques retardée ou non*
4. *Recherche de la méthode main par introspection*



URLClassLoader : un exemple

```
public class Exemple1{

  URL urlJars    = new URL("http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/utiles.jar");
  URL urlClasses = new URL("http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/");

  // par défaut le classloader parent est celui de la JVM
  URLClassLoader classLoader;
  classLoader = URLClassLoader.newInstance(new URL[]{urlJars,urlClasses});


    Class classe = Class.forName(args[0], true, classLoader);

//introspection ici pour l'exécution de la méthode main
    Method m = classe.getMethod("main", new Class[] {String[].class });
    String[] paramètres = new String[args.length-1];
    System.arraycopy(args,1,paramètres,0,args.length-1);
    m.invoke(null, new Object[]{paramètres});
}
```

java Exemple1 UneClasse param1 param2 param3

Écrire son propre chargeur de classe

- **ClassLoader est une classe abstraite**
  - **Il suffit de redéfinir certaines méthodes**

`Class<?> loadClass(String name, boolean resolve)`

Recherche si cette classe ne serait pas présente chez le parent
Appel de defineClass qui créée l'instance et l'installe dans l'arborescence

`Class<?> findClass(String name)`
appelée par `loadClass`

Un exemple de Sun

```
class NetworkClassLoader extend ClassLoader {
  String host; int port;
  Map<String,Class<?>> cache = new Hashtable <String,Class<?>>();
    private byte loadClassData(String name)[] {
     // load the class data from the connection
    }
public synchronized Class loadClass(String name, boolean resolve) {
  Class<?> c = cache.get(name);
  if (c == null) {
    byte data[] = loadClassData(name);
    c = defineClass(data, 0, data.length);
    cache.put(name, c);
  }
  if (resolve)
     resolveClass(c); // édition des liens
  return c;
}
}
```

en détail ici http://www.ddj.com/mobile/184404484
http://www.koders.com/java/fid182AD13B5471AEF4962D6F58F527AA50E12C3B4C.aspx

Questions ?

- **Plusieurs ClassLoader peuvent-ils co-exister ?**
  - Espaces de noms disjoints
    - La même classe peut être chargée dans deux « ClassLoaders » différents
- **Chargement et déchargement de classe**
  - Instances de la classe Class gérées par le ramasse-miettes
  - Déchargement de classe volontaire, par programme ?
  - par exemple une mise à jour !
  - Impossible ? À suivre…
- **Comment en écrire un ?**
  - Les exemples présentés sont en `http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/`

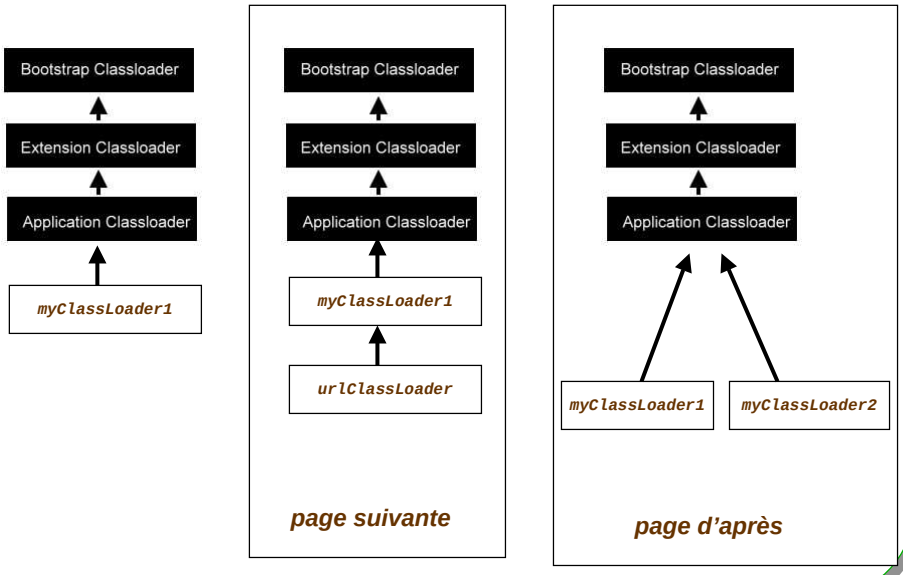
Ecrire son propre chargeur : loadClass

```
public class MyClassLoader extends ClassLoader{

   public MyClassLoader(){
        super(MyClassLoader.class.getClassLoader()); // le parent
   }

 protected Class<?> loadClass(String name, boolean resolve)
                                        throws ClassNotFoundException{
      Class classe = findLoadedClass(name);
      if (classe == null) {
        byte[] classBytes = loadClassBytes(name); // page suivante
        if (classBytes == null){
            return findSystemClass(name);
        }

        classe = defineClass(name, classBytes, 0, classBytes.length);
        if (classe == null)
            throw new ClassNotFoundException(name);
      }
      if (resolve) resolveClass(classe); // recherche de tous les .class
      return classe;
   }
```

LoadClassBytes : lecture sur disque du .class

```
private byte[] loadClassBytes(String name){
   // paquetage = répertoire
   String cname = name.replace('.', '/') + ".class";
    FileInputStream in = null;
    try{
      in = new FileInputStream(cname);
      ByteArrayOutputStream buffer = new ByteArrayOutputStream();
       int ch;
       while ((ch = in.read()) != -1){
            byte b = (byte)(ch);
         buffer.write(b);
       }
       in.close();
       return buffer.toByteArray();
    }catch (IOException e){
       if (in != null){
         try {in.close(); } catch (IOException e2) { }
    }
    return null;
  }}
```


ClassLoader(s)



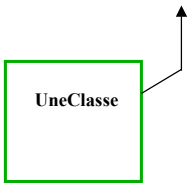
L'exemple revisité

```
public class Exemple1{

  URL urlJars    = new
   URL("http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/utiles.jar");
  URL urlClasses = new URL("http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/");
  URL[] urls = new URL[]{urlJars, urlClasses};

  ClassLoader loader = new MyClassLoader();
  URLClassLoader classLoader;
  classLoader = new URLClassLoader.newInstance(urls,loader);
  Class classe = Class.forName(args[0], true, classLoader);

  Method m = classe.getMethod("main", new Class[] {String[].class });
  String[] paramètres = new String[args.length-1];
  System.arraycopy(args,1,paramètres,0,args.length-1);

  m.invoke(null, new Object[]{paramètres});
}
```

```
java Exemple1 UneClasse param1 param2 param3
```

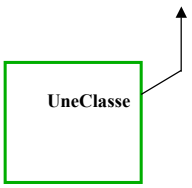

myClassLoader1 & myClassLoader2

- **myClassLoader1**



java.lang.Class

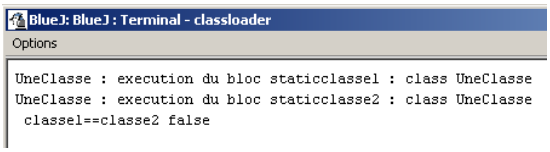
- **myClassLoader2**



java.lang.Class

Exemple

```
ClassLoader loader1 = new MyClassLoader();
ClassLoader loader2 = new MyClassLoader();
Class<?> classe1 = Class.forName(args[0], true, loader1);
System.out.println("classe1 : " + classe1);

Class<?> classe2 = Class.forName(args[0], true, loader2);
System.out.println("classe2 : " + classe2);
System.out.println(" == " + (classe1==classe2));
```



Déchargement de classe

- **Impossible**
  - **Bootstrap, Extension et Application**
- **Possible si**
  - **Création d'un nouveau chargeur**
  - **Attention aux références du programme existantes …**

Conclusion intermédiaire

- **Chargeur dynamique de classe**
  - Instance comme les autres
  - Géré par le ramasse miettes
- **La suite :**
  - Une pause
  - L'exécutif
    - Type de données
    - Les registres de la machine
    - Les instructions

Pause

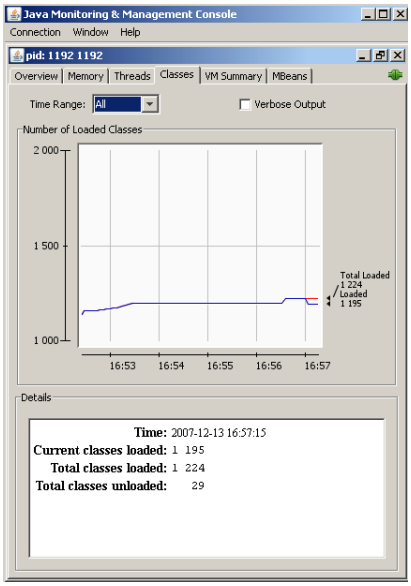
- **Combien de classes chargées pour dire « bonjour » toutes les secondes …**

```
public class Bonjour{
  public static void main(String[] args) throws Exception{
    while(true){
      System.out.println("bonjour");
      Thread.sleep(1000);
    }
  }
}
```

Current classes loaded:	1 200
Total classes loaded:	1 200
Total classes unloaded:	0

- **Bonjour + jconsole = 1200**
- **Bonjour seule = 313 classes**

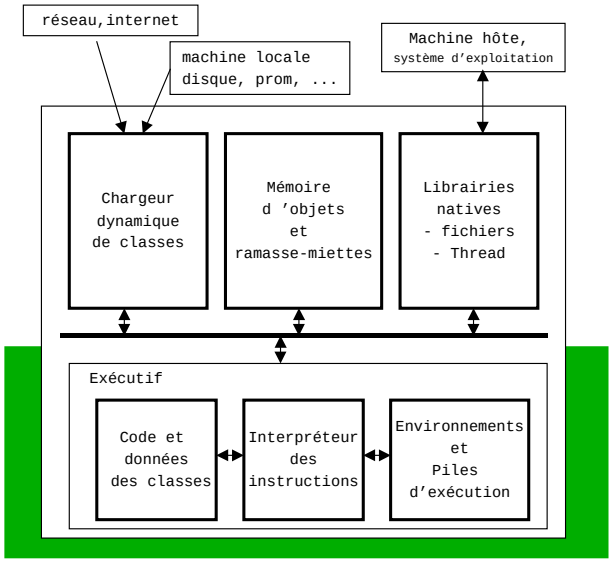
JMX, jconsole



Pause terminée, sommaire suite

- **JVM c'est aussi**
  - **Un exécutif**
    - **Type de données**
    - **Les registres**
    - **RISC ? ou CISC ?**
  - **Un jeu d'instructions**
    - **Les grandes familles**

L'exécutif



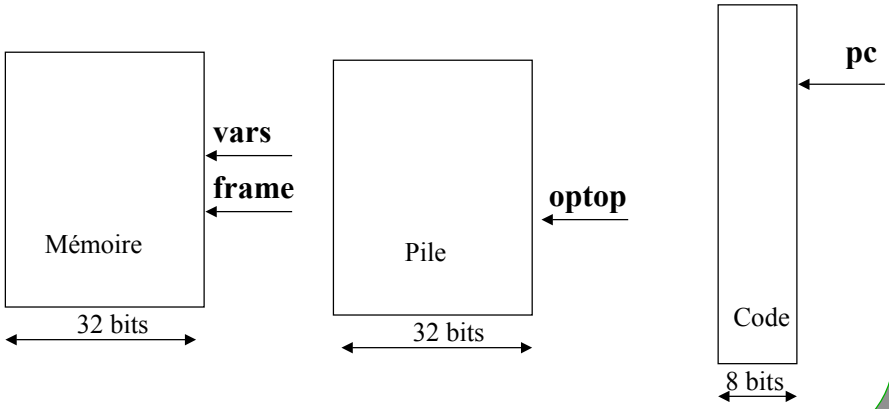
Types de données

- byte : **8 bits en complément à 2**
- short : **16 bits en complément à 2**
- int : **32 bits en complément à 2**
- long : **64 bits en complément à 2**
- char : **16 bits format Unicode**
- float : **32 bits IEEE 754**
- double : **64 bits IEEE 754**
- "adresse" : **32 bits**

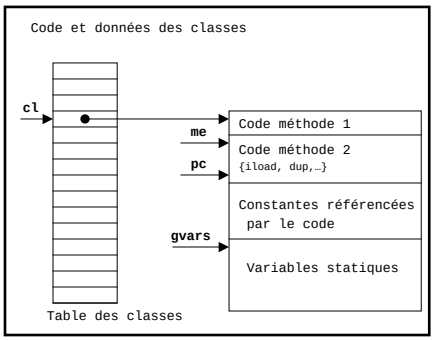
- **« En général » la taille des mots d'une machine virtuelle Java est de 32 bits**

Les registres

- **4 registres**
  - pc, **compteur ordinal**
  - optop, **pointeur de pile**
  - frame, **pointeur de segment d'activation**
  - vars, **pointeur de données locales**



Une vue de la table des classes



- **Autres registres possibles**

La pile d'exécution et la mémoire

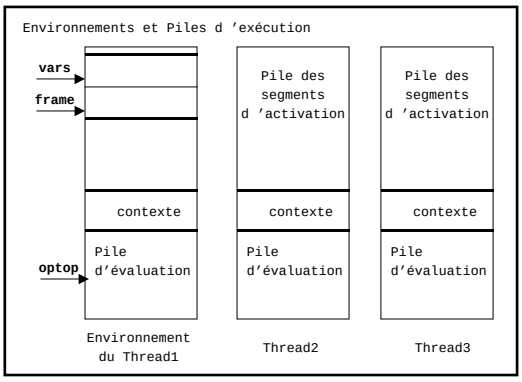
Aspects dynamiques

- **Une pile d'exécution en mots de 32 bits,**
  - **Exemple : iadd == > push(pop() + pop());** *(optop)*
- **Une pile de segments d'activation**
  - **Appels de méthodes** *(frame & vars)*
- **Une zone mémoire est réservée pour les instances**
  - **Pas de déallocation programmée, gérée par un ramasse-miettes**

Aspects "statiques "

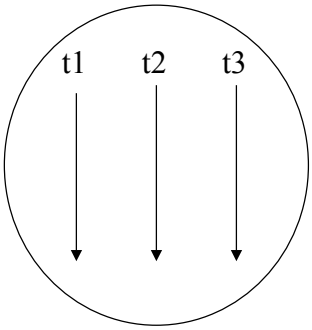
- **Une zone mémoire des méthodes de chaque classe** *(pc)*
- **Une zone mémoire des variables de classe**

Thread et « JVM virtuelles »

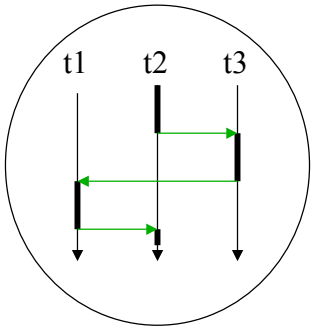


- **Une pile par Thread… ou processus léger**

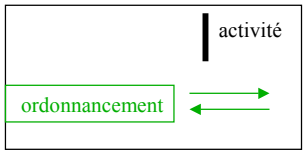
Thread vue logique



vue logique



vue du processeur



Java le langage vers la machine

- **Classes, Variables de classes**
  - **"Constructeurs" de classe**
- **Instances, Variables d'instances**
- **Invocation de méthodes, héritage**
  - **Méthodes de classes**
  - **Méthodes virtuelles et finales**
  - **Constructeurs, (destructeur et ramasse-miettes)**
- **Interfaces**
- **Exceptions**
- **Thread**
- **Appel de code natif**

Le jeu d'instructions

- **Machine à pile**

- **Instructions**
  - Gestion de la pile constantes et variables
  - Gestion des tableaux
  - Opérations sur la pile
  - Instructions arithmétiques et logiques
  - Opérations de conversions
  - Instructions de contrôles

  - Appels et retours de méthodes
  - Instructions sur les instances
  - Exceptions et Instructions "_quick"

Machine à pile

```
class Exemple {
  public static void main( String args[]) {
    int compte=1, resultat=1;
    int valeur = 1;

      compte = compte + 1;
      resultat = resultat * compte;
  }
}
                /* Exemple.main.([Ljava/lang/String;)V */

/*  0*/ iconst_1,                          empiler ( 1)
/*  1*/ istore_1,          compte=1        compte = depiler()
/*  2*/ iconst_1,                          empiler ( 1)
/*  3*/ istore_2,          resultat=1      resultat = depiler()
/*  4*/ iload_1,                           empiler ( compte )
/*  5*/ iconst_1,                          empiler ( 1)
/*  6*/ iadd,                              empiler ( depiler() + depiler())
/*  7*/ istore_1,          compte=compte + 1  compte = depiler()
/*  8*/ iload_2,                           empiler ( resultat )
/*  9*/ iload_1,                           empiler ( compte )
/* 10*/ imul,                              empiler ( depiler() * depiler())
/* 11*/ istore_2,          resultat=resultat*compte  resultat = depiler()
 /*12*/ returnn,
```

Les familles

Le groupe des familles d'instructions non liées aux objets :

- Gestion des variables locales et des constantes : **aload, iload, istore, iconst,…**
- Manipulation de la pile : **dup, pop, …**
- Arithmétiques et logiques : **iadd, imul, …**
- Gestion des conversions entre types primitifs : **i2l,…**
- Contrôle, branchement : **if_icmplt, …goto, jsr, … return**
- Gestion des exceptions : **athrow**
- Accès aux variables de classe : **getstatic, putstatic**
- Appels de méthodes de classe : **invokestatic**

Le groupe des familles d'instructions liées à la gestion des objets :

- Allocation de l'espace mémoire : **new, newarray , …**
- Accès aux champs d'instance : **getfield, putfield, …**
- Accès aux éléments de tableau : **aaload, aastore, …**
- Appels de méthodes d'instance : **invoke_virtual, invoke_super, invokeinterface**
- Gestion de la concurrence : **monitorenter, monitorexit**
- Gestion des conversions entre classes : **checkcast, instanceof**

Format d'une instruction

- **Le code opération des instructions est sur 8 bits**
  - **exemple : istore,**

0x36					

- **Une instruction possède de 0 à 4 opérandes***
  - **exemple : istore**

0x36	0x01				

  - **[iconst0, istore,0,dup,istore,1]**

0x03	0x36	0	0x59	0x36	0x01

- **Manipulation implicite de la pile**
  - **--> un code plus compact / machine à registre**

*** il y a des quelques exceptions (3) à cette règle ! (switch, wide)**

Format d'une instruction,[LY96] p 275

- **Operation Store int into local variable**
- **Format**

istore
index

- **Forms *istore* = 54(0x36)**
- **Stack …,value => …**
- **Description : .....**

Syntaxe des instructions

- **Txxx**
  - **T indique le type des opérandes**
- **istore**
  - **Rangement d'un entier**
- l **long**
- d **double**
- f **float**
- c **char**
- a **object**

Gestion de la Pile:Constantes et variables

- **Lecture d'une variable locale placée sur la pile**
  - *iload,ilaod_<n>, lload,lload_<n>, fload, fload_<n>, dload,dload_<n>, aload,aload_<n>*
- **Ecriture d'une variable locale depuis la pile**
  - *istore,istore_<n>,lstore,lstore_<n>,fstore, fstore_<n>, dstore,dstore_<n>, astore,astore_<n>*
- **Lecture d'une constante placée sur la pile**
  - *bipush,sipush,ldc,ldc_w,ldc2_w,aconst_null,iconst_m1, iconst_<i>,lconst_<l>,dconst_<d>*
- **Accès avec déplacement supérieur à 16 bits**
  - *wide* *<n> valeur de l'opérande, 0 à 5*

Gestion des tableaux

- **Création de tableaux**
  - *newarray, anewarray,multianewarray*
- **Accès en lecture**
  - *baload,caload,saload,iaload,laload,faload,daload,aaload*
- **Accès en écriture**
  - *bastore,castore,sastore,iastore,lastore,fastore,dastore,aastore*
- **longueur du tableau**
  - *arraylength*

Opérations sur la pile

- **retrait du sommet**
  - *pop, pop2*
- **duplication du sommet de pile**
  - *dup,dup,dup_x1,dup2_x1,dup2_x2*
- **échange du sommet de pile et du sous-sommet**
  - *swap*

Instuctions arithmétiques et logiques

- **Addition/soustraction**
  - *iadd,ladd,fadd,dadd/isub,lsub,fsub,dsub*
- **multiplication,division**
  - *imul,fmul,dmul,lmul,idiv,fdiv,ddiv,ldiv,irem,frem,drem,lrem*
- **complément**
  - *ineg,fneg,dneg,lneg,*
- **décalage**
  - *ishl,ishr,iushr,lshl,lshr,lushr*
- **Opérations**
  - *ior,lor,iand,land,ixor,lxor*
- **Incrément de variable locale**
  - *iinc*

Opérations de conversions

- **int en long, float ou double**
  - *i2l,i2f,i2d*
- **long en float ou double**
  - *l2f,l2d*
- **float en double**
  - *f2d*

Instructions de contrôles

- **Sauts conditionnels**
  - *ifeq,iflt,ilfe,ifgt,ifge,ifnull,ifnonnull,if_icmpeq,if_icmpne, if_icmplt,if_icmpgt,if_icmple,if_icmpge,if_acmpeq,if_acmpne, lcmp,fcmpl,fcmpg,dcmpl,dcmpg*
- **Sauts inconditionnels**
  - *goto,goto_w,jsr,jsr_w,ret*
- **Accès indirect**
  - *tableswitch,lookupswitch*

Exemple : instructions de contrôle

Les instructions	Le source Java	*Les opérations engendrées*
0* iconst_0		*empiler(0);*
1* istore_0	boolean b = false;	*frame[vars+0] = depiler();*
2* iconst_0		*empiler(0);*
3* istore_1	int i=0;	*frame[vars+1] = depiler();*
4* iload_0	b = b & (i > 10);	*empiler(frame[vars+0]);*
5* iload_1		*empiler(frame[vars+1]);*
6* bipush,10		*empiler(10);*
		opr2 = depiler();opr1 = depiler();
8* if_icmpgt,00,07		*si(opr1 > opr2) pc = 15;*
11*iconst_0		*empiler(0);*
12*goto,00,04		*pc = 16;*
15*iconst_1		*empiler(1);*
16*iand		*empiler(depiler() & depiler());*
17*istore_0		*frame[vars+0] = depiler();*
18*iload_0	b = b && (i >10);	*empiler(frame[vars+0]);*
19*ifeq,00,09		*si(depiler()==depiler()) pc=28;*
22*iload_1		*empiler(frame[vars+1]);*
23*bipush,10		*empiler(10);*
		opr2 = depiler();opr1 = depiler();
25*if_icmpgt,00,07,		*si(opr1 > opr2) pc = 32;*
28*iconst_0		*empiler(0);*
29*goto,00,04		*pc = 33;*
32*iconst_1		*empiler(1);*
33*istore_0		*frame[vars+0] = depiler();*

Exemple de tableswitch

Les instructions	Le source Java	*Les opérations engendrées*
iconst_0	int i=0;	*empiler(0);*
istore_0		
iload_0	switch(i){	*empiler(frame[vars+0]);*
tableswitch		
00,00,00,34		*default : 34*
00,00,00,00	case 0 : i = 0; break;	*low : 0*
00,00,00,01	case 1 : i = 1; break;	*high : 1*
00,00,00,24		*<0/24>*
00,00,00,29		*<1/29>*
24* iconst_0		*empiler(0);*
istore_0		*frame[vars+0] = depiler();*
goto,00,08		*pc = 34;*
29* iconst_1		*empiler(1);*
istore_0		*frame[vars+0] = depiler();*
goto,00,03	}	*pc = 34;*

Exemple lookupswitch

```
Les instructions   Le source Java     Les opérations engendrées

34*   iconst_0     int j=0;           empiler(0);
35*   istore_1                        frame[vars+0] = depiler();
36*   iload_1      switch(j){         empiler(frame[vars+1]);
37*   lookupswitch
00,00          // 2 octets pour un alignement en mots de 32 bits
00,00,00,74       case 1000 : j = 2;break;  default : 74
00,00,00,02       case 0    : j = 0;break;  npairs  : 2
48*   00,00,00,00,00,00,00,32,              <0/<0-69>>
56*   00,00,03,232,00,00,00,27,              <1/<1000-64>>
64*   iconst_2                        empiler(2);
istore_1                              frame[vars+1] = depiler();
goto ,00,08                        pc = 74;
69*   iconst_0                        empiler(0);
istore_1                         frame[vars+1] = depiler();
goto,00,03                          pc = 74;
74*   return          }
```


Appels de méthodes & valeurs retournées

- **Appel d'une méthode (par défaut virtuelle en java)**
  - ***invokevirtual***
- **Appel d'une méthode implantée par une interface**
  - ***invokeinterface***
- **Appel d'une méthode de la classe super**
  - ***invokespecial***
- **Appel d'une méthode de classe**
  - ***invokestatic***
- **Valeurs retournées**
  - ***ireturn,lreturn,dreturn,areturn, return***(void)

Exemple invoke static

```
Les instructions     Le source Java          Les opérations engendrées

                public class MethodesDeClasse{

static void m(){
invokestatic,00,05   m1();                   MethodesDeClasse.m1(); // V
iconst_5             int i = 5;              empiler(5);
istore_0                                     frame[vars+0] = depiler();
iload_0                                      empiler(frame[vars+0]);
invokestatic,00,06   m2(i);                  MethodesDeClasse.m2(); // (I)V
iload_0              int j = f(i);               empiler(frame[vars+0]);
invokestatic,00,04                           MethodesDeClasse.f(); // (I)I
istore_1                                     frame[vars+1] = depiler();
return          }                            restaurer;

                static void m1(){}
return                                       restaurer;

            static void m2(int k){}
return                                       restaurer;

                public static int f(int x){
                  return x +1;
iload_0                                      empiler(frame[vars+0]);
iconst_1                                     empiler(1);
iadd                                         empiler(depiler() + depiler());
ireturn             }                        restaurer;
```

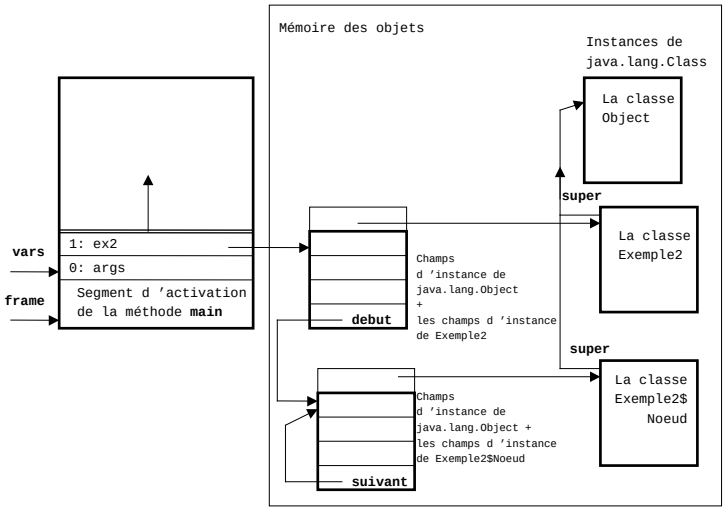

Exemple invoke virtual

```
Les instructions      Le source Java         Les         opérations
  engendrées

import java.awt.Color;
public class DrawablePoint extends Point{
              private java.awt.Color color;
             public DrawablePoint(Color ic){super();color=ic;}
public static void m(){
         Point p = new DrawablePoint(Color.blue);
new,00,01
dup
getstatic,00,06    // soit java/awt/Color.blue Ljava/awt/Color;
invokespecial,00,05   //soit DrawablePoint.<init>(Ljava/awt/Color;)V
astore_0
aload_0          p.moveTo(10,10);              empiler(p);
bipush,10                                      empiler(10);
bipush,10,                                     empiler(10);
invokevirtual,00,08                            Point.moveTo();//II V
return       }
```

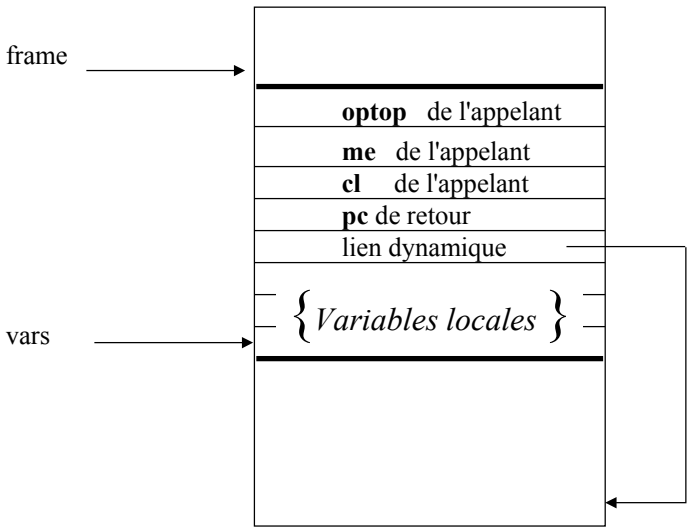
Instructions sur les instances

- **Création d'un objet**
  - *new*
- **Accès aux champs d'instances**
  - *getfield,putfield,getstatic,putstatic*
- **Accès aux champs des variables de classe**
  - *getstatic,putstatic*
- **Contrôles de propriétés (changement de type)**
  - *instanceof, checkcast*

Pile et mémoire des objets



Zoom : Segment d'activation dans sa pile



Exemple putfield, getfield

```
Les instructions      Le source Java        Les opérations engendrées

public class Point extends java.lang.Object{
                private int x,y;

// le constructeur par défaut Point.<init>()V
aload_0                                     empiler(this);
invokespecial,00,04                         java/lang/Object.<init>(); //()V
return

              public void moveTo(int nx, int ny){
aload_0             this.x = nx;            empiler(this);
iload_1                                     empiler(frame[vars+1]);
                                            ref = depiler();
putfield,00,07                              ((Point)ref).x = depiler();
aload_0             y = ny;                 empiler(this);
iload_2                                     empiler(frame[vars+2]);
                                            ref = depiler();
putfield,00,08                              ((Point)ref).y = depiler();
return        }

              public int getX(){
aload_0             return x;               empiler(this);
                                            ref = depiler();
getfield,00,07    }                         empiler(((Point)ref).x);
ireturn
```

Exceptions et Synchronisation

- **Levée d'une exception**
  - *athrow*
- **Synchronisation de blocs d'instruction**
  - *monitorexit,monitorenter*

Exemple

```
Les instructions   Le source Java     Les opérations engendrées

public  int distOrigin() throws Exception{

aload_0          long xl = x;        empiler(this);
getfield,00,06                       empiler(depiler().x);
i2l                                  empiler((long)depiler());
lstore_1                             frame[vars+1]=depiler();
lload_1      if(xl*xl >              empiler(frame[vars+1]);
lload_1        Integer.MAX_VALUE)    empiler(frame[vars+1]);
lmul                                 empiler(depiler()*depiler());
ldc2_w,00,14                         empiler(Integer.MAX_VALUE);
lcmp                                 empiler(comp(depiler(),depiler());
ifle,00,11                           if (depiler()==-1) pc =24
new ,00,03       throw new Exception();
                                     empiler(new java.lang.Exception())
dup                                  empiler(sommet());
invokespecial,00,08                  java/lang/Exception.<init>(); //V
athrow                               propager;
24*          }
```

Filtrage

```
Les instructions   Le source Java     Les opérations engendrées

public static void m() throws Exception{
                 try{
0*  new,00,01      Point p = new Point();     empiler(new Point());
3*  dup                                       empiler(sommet());
4*  invokespecial,00,06                       Point.<init>()V
7*  astore_0                                  frame[vars+0] = depiler();
8*  aload_0       int i=p.distOrigin();       empiler(frame[vars+0]);
9*  invokevirtual,00,09  Point.distOrigin(); //I
12* istore_1       }catch(Exceptione){        frame[vars+1]=depiler();
13* goto,00,06                               pc = 19;
16* astore_0            throw e;              frame[vars+0]=depiler();
17* aload_0                                   empiler(frame[vars+0]);
athrow                                        propager;
return          }

// exception  : start_pc, end_pc, handler_pc, catch_type
// _table[   0]              0  ,       13  ,             16  ,       2
   (java.lang.Exception)
```


Décompilation

- Le .class et ses instructions
- javap –c
- Ou autres outils

Pause, un décompilateur désassembleur

le .class bulbe extrait

```
class bulbe
{

    bulbe()
    {
    //    0    0:aload_0
    //    1    1:invokespecial   #1   <Method void Object()>
    //    2    4:return
    }

    public static void main(String args[])
    {
        int ai[] = new int[6];
    //    0    0:bipush          6
    //    1    2:newarray        int[]
    //    2    4:astore_1
        ai[0] = 0;
    //    3    5:aload_1
    //    4    6:iconst_0
    //    5    7:iconst_0
    //    6    8:iastore
        ai[1] = 2;
```


Suite, et il en manque…

```
        boolean flag = false;
    //   27   29:iconst_0
    //   28   30:istore_2
        while(!flag)
    //*  29   31:iload_2
    //*  30   32:ifne            86
        {
            flag = true;
    //   31   35:iconst_1
    //   32   36:istore_2
            int i = 0;
    //   33   37:iconst_0
    //   34   38:istore_3
            while(i < 5)
    //*  35   39:iload_3
    //*  36   40:iconst_5
    //*  37   41:icmpge          83
            {
                if(ai[i] > ai[i + 1])
    //*  38   44:aload_1
    //*  39   45:iload_3
    //   67   77:iinc            3  1
            }
        }
    //*  68   80:goto            39
    //*  69   83:goto            31
    //   70   86:return
    }
}
```

Instructions "_quick" & JIT

- **Une optimisation en JIT(Just in Time)**
- **Réécriture (à la volée) de certaines instructions,**
  - **Les accès au "constant pool" sont résolus une seule fois**
- **JIT(Just in Time) en code natif : machine Kaffe de Tim Wilkinson**
  - **KAFFE v0.5.6 - A JIT and interpreting virtual machine to run Java(tm)* code**
  - **JIT en code natif (i386)**

Les _quick

- case ldc_quick, case ldc_w_quick, case ldc2_w_quick
- case anewarray_quick, case multianewarray_quick
- case putfield_quick, case putfield2_quick
- case getfield_quick, case getfield2_quick
- case putstatic_quick, case putstatic2_quick
- case getstatic_quick, case getstatic2_quick : /* 212 */
- case getfield_quick_w : /* 227 */
- case invokevirtual_quick : /* 214 */
- case invokenonvirtual_quick : /* 215 */
- case invokesuper_quick : /* 216 */
- case invokestatic_quick : /* 217 */
- case invokeinterface_quick : /* 218 */
- case invokevirtualobject_quick : /* 219 */
- case invokevirtual_quick_w : /* 226 */
-
- case new_quick : /* 221 */
- case checkcast_quick : /* 224 */
- case instanceof_quick : /* 225 */

Un exemple approprié* ! Une boucle …

- **un automate d'états déclenché pendant 2*10 secondes**
  - **6 états, (dont 2 automates de 2 états en //)**
- **2 styles de génération de code en Java de l'automate**
  - **1) à l'aide de *if else...***
  - **2) à l'aide d'un *switch-case***
  - ***trace d'exécution sur PowerPC :***

on declenche l'automate pendant env. 10 sec
if_style :
L'automate est declenche : 28109 fois en if_style
on declenche l'automate pendant env. 10 sec
case_style :
L'automate est declenche : 29663 fois en case_style

*** Donc non significatif**

_quick occurrence des instructions

- iconst_0; 3(0x3);460648
- iconst_1; 4(0x4);576952
- iconst_2; 5(0x5);115548
- iconst_3; 6(0x6);231106
- bipush; 16(0x10); 226446
- ldc; 18(0x12); 8
- ldc2_w; 20(0x14); 57772
- iload; 21(0x15); 57774
- dload; 24(0x18);115544
- iload_1; 27(0x1b); 57772
- iload_2; 28(0x1c); 57772
- iload_3; 29(0x1d); 57772
- **aload_0;** 42(0x2a);**1759797**
- aload_1; 43(0x2b); 28109
- aload_2; 44(0x2c); 29663
- iaload; 46(0x2e);662047
- istore; 54(0x36); 2
- dstore; 57(0x39); 57774
- istore_3; 62(0x3e); 57772
- iastore ; 79(0x4f);173340
- ...

- iflt;155(0x9b); 57772
- ifle ;158(0x9e); 57772
- if_icmpne ;160(0xa0);255311
- if_icmplt ;161(0xa1);231096
- gotoo ;167(0xa7); 87439
- tableswitch ;170(0xaa); 29663
- lookupswitch;171(0xab);117098
- ireturn ;172(0xac); 57772
- returnn ;177(0xb1); 8
- getstatic ;178(0xb2); 10
- putstatic ;179(0xb3); 3
- getfield ;180(0xb4); 69
- putfield ;181(0xb5); 34
- invokevirtual;182(0xb6); 57782
- invokespecial ;183(0xb7); 9
- invokestatic ;184(0xb8); 57774
- neww ;187(0xbb); 5
- newarray ;188(0xbc); 8
- **getfield_quick** ;206(0xce);**1644152**
- putfield_quick ;207(0xcf);288858
- invokesuper_quick ;216(0xd8); 2

aload_0 et getfield_quick représentent 20 % chacune des occurrences

Table 3.1 page 73 [LY96], types et instructions

opcode	byte	short	int	long	float	double	char	reference
Tipush	bipush	sipush						
Tconst			iconst	lconst	fconst	dconst		aconst
Tload			iload	lload	fload	dload		aload
Tstore			istore	lstore	fstore	dstore		astore
Tinc			iinc					
Taload	baload	saload	iaload	laload	faload	daload	caload	aaload
Tastore	bastore	sastore	iastore	lastore	fastore	dastore	castore	aastore
Tadd			iadd	ladd	fadd	dadd		
Tsub			isub	lsub	fsub	dsub		
Tmul			imul	lmul	fmul	dmul		
Tdiv			idiv	ldiv	fdiv	ddiv		
Trem			irem	lrem	frem	drem		
Tneg			ineg	lneg	fneg	dneg		
Tshl			ishl	lshl				
Tshr			ishr	lshr				
Tushr			iushr	lushr				
Tand			iand	land				
Tor			ior	lor				
Txor			ixor	lxor				
i2T	i2b	i2s		i2l	i2f	i2d		
l2T			l2i		l2f	l2d		
f2T			f2i	f2l		f2d		
d2T			d2i	d2l	d2f			
Tcmp				lcmp				
Tcmpl					fcmpl	dcmpl		
Tcmpg					fcmpg	dcmpg		
if_TcmpOP		if_icmpOP				if_acmpOP		
Treturn			ireturn	lreturn	freturn	dreturn		areturn

Outils

- **Outil prédéfini javap du J2SE**
  - >javap –c *un_fichier*
- http://jasmin.sourceforge.net/

- http://jakarta.apache.org/bcel/
  - Byte Code Engineering Library
- Utilitaire utilisé sur ce support
  - http://jfod.cnam.fr/progAvancee/classes/

jasmin enfin

```
.class public Hello

  .super java/lang/Object
   ;
   ; main() - prints out bonjour!
   ;
   .method public static main([Ljava/lang/String;)V
      .limit stack 2   ; up to two items can be pushed

      ; push System.out onto the stack
      getstatic java/lang/System/out Ljava/io/PrintStream;

      ; push a string onto the stack
      ldc "bonjour!"

      ; call the PrintStream.println() method.
      invokevirtual java/io/PrintStream/println(Ljava/lang/String;)V

      ; done
      return
   .end method
```

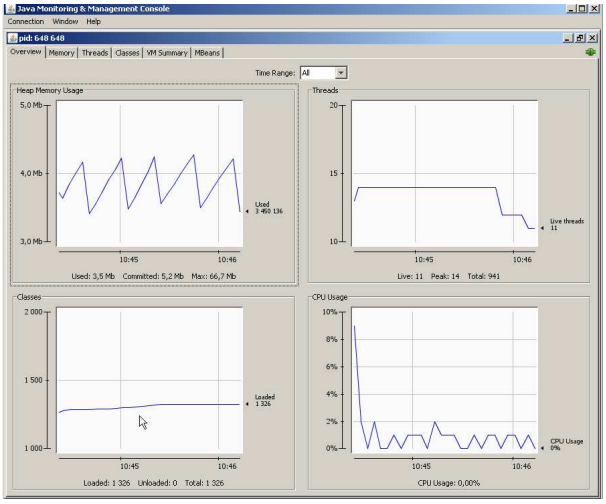
un assembleur et un éditeur de texte : retour aux sources

factoriel : enfin

```
.class public factorial
.super java/lang/Object
.method public static main([Ljava/lang/String;)V
   .limit stack 2
   .limit locals 4
      bipush 12
      istore 1
      bipush 1
      istore 2
      bipush 1
      istore 3
   etiq1 :
      iload 2
      iload 1
      isub
      ifge etiq2
      iload 2
      bipush 1
      iadd
      istore 2
      iload 3
      iload 2
      imul
      istore 3
      goto etiq1
   etiq2 :
   getstatic java/lang/System/out Ljava/io/PrintStream;
      iload 3
   invokevirtual java/io/PrintStream/println(I)V
return
 .end method
```

Pause en fin : JMX

- **Outil de supervision**
- **jconsole PID ou jconsole**



VM summary

pid: 648 648

Overview | Memory | Threads | Classes | VM Summary | MBeans

VM Summary
vendredi 30 novembre 2007 10 h 47 CET

Connection name: pid: 648 648
Virtual Machine: Java HotSpot(TM) Client VM version 1.6.0_02-b06
Vendor: Sun Microsystems Inc.
Name: 648@vivaldi

Uptime: 29 days 18 hours 42 minutes
Process CPU time: 14,437 seconds
JIT compiler: HotSpot Client Compiler
Total compile time: 2,387 seconds

Live threads: 12
Peak: 14
Daemon threads: 10
Total threads started: 942

Current classes loaded: 1 326
Total classes loaded: 1 326
Total classes unloaded: 0

Current heap size: 3 482 kbytes
Maximum heap size: 65 088 kbytes
Committed memory: 5 056 kbytes
Pending finalization: 0 objects
Garbage collector: Name = 'Copy', Collections = 178, Total time spent = 0,835 seconds
Garbage collector: Name = 'MarkSweepCompact', Collections = 0, Total time spent = 0,000 seconds

Operating System: Windows 2000 5.0
Architecture: x86
Number of processors: 1
Committed virtual memory: 23 596 kbytes

Total physical memory: 523 280 kbytes
Free physical memory: 51 868 kbytes
Total swap space: 1 277 552 kbytes
Free swap space: 543 612 kbytes

VM arguments:
Class path: .
Library path: C:\jdk1.6.0\bin;.;C:\WINNT\SunJava\bin;C:\WINNT\system32;C:\WINNT;C:\Wisigenic\vbroker\bin;C:\jdk1.6.0\bin;C:\WINNT\system32;C:\WINNT;C:\WINNT\System32\Wbem
Boot class path: C:\jdk1.6.0\jre\lib\resources.jar;C:\jdk1.6.0\jre\lib\rt.jar;C:\jdk1.6.0\jre\lib\sunrsasign.jar;C:\jdk1.6.0\jre\lib\jsse.jar;C:\jdk1.6.0\jre\lib\jce.jar;C:\jdk1.6.0\jre\lib\charsets.jar;C:\jdk1.6.0\jre\classes

Depuis une application

Le nombre de classes

```
   ClassLoadingMXBean  classLoading =
  ManagementFactory.getClassLoadingMXBean();

   System.out.println(classLoading.getLoadedClassCount());
   System.out.println(classLoading.getTotalLoadedClassCount());
   System.out.println(classLoading.getUnloadedClassCount());

)
```

313 classes pour Bonjour
La connexion avec jconsole engendre le reste …

À essayer java –verbose –cp . Exemple
Et ensuite jconsole

Conclusion

Annexes

Un interpréteur en C ....

- **Un interpréteur de bytecode**
  - classes.c /* gestion des classes de l'application */
  - classfie.h,.c /* gestion du .class */
  - constpoo.h,.c /* gestion du contant_pool */
  - exceptio.h,.c /* exception, uniquement issue de la machine */
  - int64.h,.c /* le type long en Java, les entiers sur 64 bits */
  - interpre.h,.c /* l'interpreteur de bytecode */
  - jvm.c /* le module "main" */
  - memalloc.h,.c /* en attendant le ramasse miettes */
  - object.h,.c /* gestion des objets, allocation ... */
  - signatur.h,.c /* la signature "L<>;DL... " en nombre d'octets */
  - statisti.h,.c /* statistiques */
  - types.h,.c /* définition avec vérification des types de la machine */
  - opcodes.h, constant.h
  - soit 6500 lignes de C , sur PPC 47Ko de Code, et 67 KO de données
- **Voir la KVM de SUN / J2ME**

Un interpréteur en C

- **Sommaire**
  - Algorithme général
  - Structures de données
    - Registres
    - Implantations des classes et méthodes (aspects statiques)
    - Environnement et pile d'exécution (aspects dynamiques)
  - Objets et instances
    - Accès aux champs
    - Appels de méthodes virtuelles (par défaut en Java)
    - Le ramasse miettes

Un interpréteur en C

- **Algorihme principal**

```
– do{
        ir = next();   /* lecture de l'instruction */
        switch (ir) {
            case(....
            case(iadd) : ipush( ipop() + ipop()); break;
            case(....
            case(iand) :  ipush( ipop() & ipop()); break;
                case(....
                case(....
– } while( true);
```