# Fiabilité

**Université de Nice - Sophia Antipolis**
Version 2.1 – 24/12/11
Richard Grin

## Plan de cette partie

- Exceptions
- Assertions
- Journalisation (logging)



## Fiabilité d'un logiciel

- La fiabilité d'un logiciel concerne
  - la robustesse : la capacité du logiciel à fonctionner, même en présence d'événements exceptionnels tels que la saisie d'informations erronées par l'utilisateur
  - la correction : le fait que le logiciel donne les résultats corrects lorsqu'il fonctionne normalement



## Fiabilité en Java

- 2 mécanismes principaux de Java facilitent une bonne fiabilité :
  - les exceptions pour la robustesse
  - les assertions pour la correction
- On peut aussi utiliser
  - l'API de journalisation (*logging*) ; **`java.util.logging`**
  - les débuggeurs
  - les outils de tests d'unités (comme JUnit) ou de tests fonctionnels

exceptions, assertions et journalisation étudiés dans cette partie du cours



# Les exceptions



## Erreurs/exceptions

- On utilise les erreurs/exceptions pour traiter un fonctionnement anormal d'une partie d'un code (provoqué par une erreur ou un cas exceptionnel)
- En Java, une erreur ne provoque pas l'arrêt brutal du programme mais la création d'un objet, instance d'une classe spécifiquement créée pour être associée à des erreurs/exceptions

## Localisation du traitement des erreurs/exceptions

- Les traitements des erreurs et conditions « anormales » s'effectuent dans une zone du programme spéciale (bloc « **`catch`** »)
- Plutôt que de compliquer le code du traitement normal, on traite les conditions anormales à part
- Le traitement « normal » apparaît ainsi plus simple et plus lisible



## Traitement avec exception

```
try {
  // lire la valeur de n au clavier;
  int n = lireEntierAuClavier();
  etagere.add(livre, n);
}
catch(NumberFormatException e) {
  System.err.println("Mauvais numéro emplacement");
}
catch {EtagerePleineException e) {
  System.err.println("Etagere pleine");
}
```

Traitement normal



## Bloc **`try-catch`**

```
try {
  . . .
  . . .
}
catch(TrucException e) {
  // Traitement de l'exception e
  . . .
}
catch(MachinException e) {
. . .
}
```

Remarque : ne compile pas si aucune instruction du bloc **`try`** ne lance de **`TrucException`**



## Multi-catch

- Depuis le JDK 7 il est possible d'attraper plusieurs types d'exceptions dans un bloc catch :

```
try {
  …
}
catch(Type1Exception |
      Type2Exception |
      Type2Exception e) {
  ...
}
```

Aucune des exceptions du multi-catch ne doit être un sur-type d'une autre exception du multi-catch

- Remarque : en cas de multi-catch, **`e`** est implicitement **`final`**



## Vocabulaire (1)

- Une instruction, une méthode peut lever ou lancer une exception : une anomalie de fonctionnement provoque la création d'une exception



## Vocabulaire (2)

- Une méthode peut attraper, saisir, traiter une exception par une clause **`catch`** d'un bloc **`try-catch`**
- Une méthode peut laisser se propager une exception :
  - elle ne l'attrape pas
  - l'erreur « remonte » alors vers la méthode appelante qui peut elle-même l'attraper ou la laisser remonter

si on représente la pile d'exécution avec son sommet vers le bas

## Mécanisme de traitement des exceptions



## Exception levée en dehors d'un bloc `try`

1. La méthode retourne immédiatement ; l'exception remonte vers la méthode appelante
2. La main est donnée à la méthode appelante
3. L'exception peut alors éventuellement être attrapée et traitée par cette méthode appelante ou par une des méthodes actuellement dans la pile d'exécution



## Exception levée dans un bloc `try`

- Si une des instructions du bloc **`try`** provoque une exception, les instructions suivantes du bloc **`try`** ne sont pas exécutées et,
  - si au moins une des clauses **`catch`** correspond au type de l'exception,
    1. la première clause **`catch`** appropriée est exécutée
    2. l'exécution se poursuit juste après le bloc **`try`**-**`catch`**
  - sinon,
    1. la méthode retourne immédiatement
    2. l'exception remonte vers la méthode appelante



## Exception traitée par un bloc `catch` Cas particuliers

- Si l'exécution d'un bloc **`catch`** rencontre un **`return`**, un **`break`** ou un **`continue`**, l'exécution se poursuit à l'endroit du programme correspondant (et pas juste après le bloc **`try`**-**`catch`**)



## Exécution d'un bloc `try` sans erreur ou exception

- Dans les cas où l'exécution des instructions de la clause **`try`** ne provoque pas d'erreur/exception,
  - le déroulement du bloc de la clause **`try`** se déroule comme s'il n'y avait pas de bloc **`try`**-**`catch`**
  - le programme se poursuit après le bloc **`try`**-**`catch`** (sauf si exécution de **`return`**, **`break`**,…)



## Cas des exceptions non traitées

- Si une exception remonte jusqu'à la méthode **`main`** sans être traitée par cette méthode,
  - l'exécution du programme est stoppée
  - le message associé à l'exception est affiché, avec une description de la pile des méthodes traversées par l'exception
- A noter : en fait, seul le *thread* qui a généré l'exception non traitée meurt ; les autres *threads* continuent leur exécution

## Exemples de traitements dans un bloc **`catch`**

- Fixer le problème et réessayer le traitement qui a provoqué le passage au bloc **`catch`**
- Faire un traitement alternatif
- Retourner (**`return`**) une valeur particulière
- Sortir de l'application avec **`System.exit`**
- Faire un traitement partiel du problème et relancer (**`throw`**) la même exception (ou une autre exception)



## Souplesse dans le traitement des exceptions

- La méthode dans laquelle l'erreur a eu lieu peut
  - traiter l'anomalie
    - pour reprendre ensuite le déroulement normal du programme,
    - ou pour faire un traitement spécial, différent du traitement normal
  - ne rien faire, et laisser remonter l'exception
  - faire un traitement partiel de l'anomalie, et laisser les méthodes appelantes terminer le traitement



## Pourquoi laisser remonter une exception ?

- Plus une méthode est éloignée de la méthode **`main`** dans la pile d'exécution, moins elle a une vision globale de l'application
- Une méthode peut donc laisser remonter une exception si elle ne sait pas comment la traiter, en espérant qu'une méthode appelante en saura assez pour la traiter



## Erreur fréquente liée au traitement des exceptions

- Si une variable est
  - déclarée et initialisée dans un bloc **`try`**,
  - et utilisée après le bloc **`try`**,

  le compilateur donnera un message d'erreur du type « **`undefined variable`** » ou « **`Variable xx may not have been initialized`** »
- Pour éviter cela, déclarer (et initialiser si nécessaire) la variable avant le bloc **`try`**



## Déclaration incorrecte

```
try {
  int n;
  n = ParseInt(args[0]);
  etagere.add(livres[n]);
}
catch(NumberFormatException e) {            // Erreur
  System.err.println("Mauvais emplacement " + n);
  return;
}
catch {EtagerePleineException e) {
  System.err.println("Etagere pleine");
  return;
}
n++; // provoque une erreur à la compilation
```



## Déclaration correcte

```
int n=0;// déclaration/initialisation hors du bloc try
try {
  n = ParseInt(args[0]);
  etagere.add(livres[n]);
}
catch(NumberFormatException e) {
  System.err.println("Mauvais emplacement " + n);
  return;
}
catch {EtagerePleineException e) {
  System.err.println("Etagere pleine");
  return;
}
n++; // pas d'erreur à la compilation
```

## Autre erreur à éviter

- Ne jamais attraper une exception en mettant dans le bloc **`catch`** un affichage de message qui ne donne que peu d'informations sur le problème
- Au moins pendant le développement, le minimum à afficher : ce qu'affiche la méthode **`printStackTrace`**
- Sinon, on perd des informations précieuses pour la résolution du problème



## Clause **`finally`**



## Clause **`finally`**

- La clause **`finally`** contient un traitement qui sera exécuté dans tous les cas, que la clause **`try`** ait levé ou non une exception, que cette exception ait été saisie ou non

```
try {
  . . .
}
catch (…) {
  . . .
}
finally {
  . . .
}
```

On peut, par exemple, fermer un fichier



## Traitement général des exceptions

```
try {
  . . .
}
catch (ClasseException1 e) {
  . . .
}
catch (ClasseException2 e) {
  . . .
}
. . .
finally {
  . . .
}
```

Il est possible d'avoir un ensemble **`try`** - **`finally`** sans clause **`catch`**



## **`finally`** est toujours exécuté

- Le bloc **`finally`** est toujours exécuté (sauf après **`System.exit()`**), même si le bloc **`try`** ou le bloc **`catch`** se termine par une instruction **`return`** ou lance une exception
- Si le bloc **`try`** produit une exception
  - si un bloc **`catch`** attrape cette exception, il est exécuté, et ensuite le bloc **`finally`** est exécuté
  - sinon, le bloc **`finally`** est exécuté, et ensuite l'exception se propage à la méthode appelante



## Prédominance du bloc **`finally`** sur les blocs **`try`** et **`catch`**

- Si le bloc **`finally`** lance une exception, la méthode lance cette exception, quelque soit ce qui s'est passé dans les blocs **`try`** et **`catch`**
- Si le bloc **`finally`** se termine par une instruction **`return`**, la méthode retourne normalement ; aucune exception n'est levée
- Il faut éviter ces 2 situations car elles nuisent à la lisibilité ; les dernières versions des compilateurs affichent un avertissement

## Prédominance du bloc **`finally`** sur les blocs **`try`** et **`catch`**

- Si le bloc **`finally`** se termine par une instruction ordinaire (ne lance pas d'exception et ne se termine pas par un **`return`**), le bloc **`finally`** est exécuté, et la méthode se termine (pour l'exception levée et la valeur retournée) comme si le bloc **`finally`** n'avait pas été exécuté



## **`try`** avec ressources



## **`try`** avec ressources

- Nouvelle syntaxe apportée par le JDK 7
- Facilite la fermeture automatique des ressources qui en ont besoin : flots, fichiers, connexion sur une base de données,…
- Appelé aussi ARM (*Automatic Resource Management*)
- La clause **`try`** peut comporter une première section qui énumère les ressources qui seront fermées **automatiquement** à la fin du bloc try



## Exemple sans **`try`** avec ressources

```
InputStream in = null;
OutputStream out = null;
try {
  in = new FileInputStream("f1");
  out = new FileOutputStream("f2");
  byte[] buf = new byte[8192]; int n;
  while ((n = in.read(buf)) >= 0)
    out.write(buf, 0, n);
} finally {
  if (in != null) in.close();
  if (out != null) out.close();
}
```



## Exemple avec **`try`** avec ressources

```
try (
  InputStream in = new FileInputStream("f1");
  OutputStream out = new FileOutputStream("f2")
) {
  byte[] buf = new byte[8192];
  int n;
  while ((n = in.read(buf)) >= 0)
    out.write(buf, 0, n);
}
```

« ; » optionnel derrière la dernière ressource



## Avantages

- Les ressources sont fermées à la sortie du bloc **`try`**, quoi qu'il arrive (comme avant)
- Le code est bien plus lisible (surtout si plusieurs ressources doivent être fermées)
- Aucune exception n'est perdue (voir transparents suivants)

## Portée des variables liées aux ressources fermées automatiquement

- La portée des variables liées aux ressources commence à la déclaration de la ressource et va jusqu'à la fin du bloc **`try`**
- Lorsque les blocs **`catch`** ou **`finally`** sont exécutés, ces variables ne sont pas utilisables, ce qui peut parfois poser un problème (peut alors se résoudre en emboîtant plusieurs blocs **`try`**) ; les ressources sont aussi déjà fermées



## Exception lancée lors de l'ouverture de ressource gérée automatiquement

- Le comportement est le même que si l'ouverture avait lieu au début du bloc **`try`** (après l'accolade ouvrante)
- L'exception peut être attrapée dans le bloc **`catch`** du **`try`** (pas entre les parenthèses qui suivent le **`try`**)
- Si elle n'est pas attrapée et qu'elle est contrôlée par le compilateur, la méthode englobante doit comporter un **`throws`** lié à l'exception



## Exception perdue

- Avec un **`try`** « normal » (sans gestion automatique des ressources) une exception lancée dans le bloc **`try`** peut être perdue si la fermeture des ressources lance une autre exception car le bloc **`finally`** « l'emporte »
- Ce comportement peut nuire à la mise au point



## Récupérer une exception perdue

- Avec **`try`** avec ressources, c'est l'exception lancée par le **`try`** qui est lancée
- On peut récupérer l'autre exception « perdue » (celle lancée par la fermeture des ressources) avec la méthode **`getSuppressed()`** de **`Throwable`**



## Exemple

Méthode qui utilise un **`try`** avec ressources

```
try {
  copierFichiers(in , out);
} catch(CopieException e) {
  e.printStackTrace();
}
```

Si le **`try`** avec ressources de **`copierFichiers`** peut lancer une **`CopieException`** et la fermeture des ressources peut lancer une **`CloseException`**, on attrape une **`CopieException`** mais **`printStackTrace`** affichera une ligne
« **`Suppressed: CloseException`** … »



## Interface `java.lang.AutoCloseable`

- Les classes des ressources qui peuvent être gérées par un **`try`** avec ressources doivent implémenter cette interface
- Contient la méthode **`void close()`**
- Les connexions JDBC l'implémentent, mais pas les classes de JPA
- Les classes utilisées pour faire des entrées-sorties implémentent **`java.io.Closeable`** qui hérite de **`AutoCloseable`**

## Les différents types d'erreurs/ exceptions

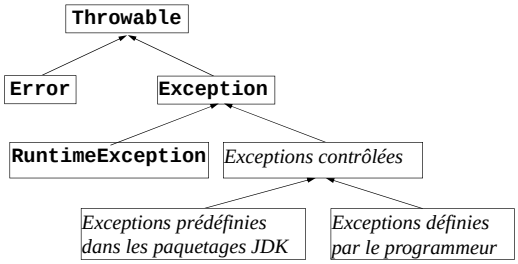


## Les classes d'erreurs/exceptions

- Les classes liées aux erreurs/exceptions sont des classes placées dans l'arborescence d'héritage de la classe **`java.lang.Throwable`** (classe fille de **`Object`**)
- Le JDK fournit un certain nombre de telles classes
- Le programmeur peut en ajouter de nouvelles

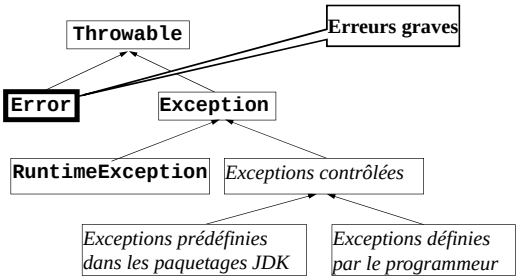


## Arbre d'héritage des exceptions



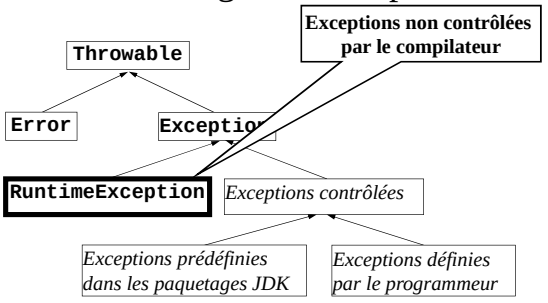



## Arbre d'héritage des exceptions



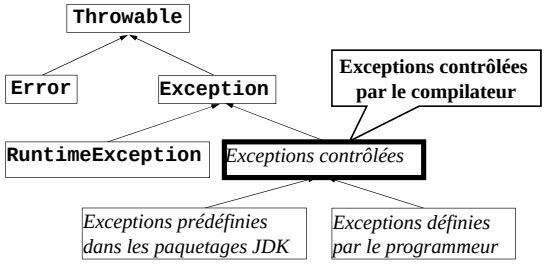



## Arbre d'héritage des exceptions






## Arbre d'héritage des exceptions

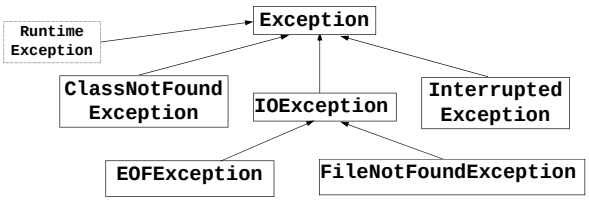


## Quelques sous-classes de **`RuntimeException`**

- **`NullPointerException`**
- **`IndexOutOfBoundsException`** et sa sous-classe **`ArrayIndexOutOfBoundsException`**
- **`ArithmeticException`**
- **`IllegalArgumentException`** et sa sous-classe **`NumberFormatException`**
- **`ClassCastException`**
- **`NoSuchElementException`**



## Quelques exceptions du JDK, contrôlées par le compilateur






## Exceptions « contrôlées » (1)

- Exceptions qui héritent de la classe **`Exception`** mais qui ne sont pas des **`RuntimeException`**
- Le compilateur vérifie que les méthodes utilisent correctement ces exceptions
- Toute méthode qui peut lancer une exception contrôlée, **doit** le déclarer dans sa déclaration

```
int m() throws TrucException {
  . . .
}
```



## Exceptions « contrôlées » (2)

- Soit une méthode **`m2()`** avec une en-tête qui contient « **`throws TrucException`** »
- Si une méthode **`m1()`** fait un appel à **`m2()`**
  - soit **`m1()`** entoure l'appel de **`m2()`** avec un bloc « **`try – catch(TrucException)`** »
  - soit **`m1()`** déclare qu'elle peut lancer une **`TrucException`** (ou un type plus large)



## Exceptions « contrôlées » (3)

- L'en-tête d'une méthode **`m()`** peut très bien contenir « **`throws TrucException`** » sans que le corps de la méthode ne lance cette exception
- Ce procédé est rarement utilisé mais peut avoir son intérêt si on sait que la méthode risque d'être redéfinie par du code qui renverra cette exception



## Pourquoi des exceptions contrôlées ?

- Pour obliger le développeur à tenir compte des cas d'exception qui ont pu arriver durant l'exécution d'une méthode
- En langage C, les cas particuliers dans le traitement d'une fonction sont souvent indiqués par le fait que la fonction renvoie une valeur particulière (par exemple -1 est renvoyée en cas de problème, alors que les cas « normaux » renvoient une valeur positive)

## Pourquoi des exceptions contrôlées ?

- Le développeur peut oublier ce cas et récupérer la valeur -1 pour la traiter comme toutes les autres valeurs
- De plus les exceptions permettent beaucoup plus de souplesse dans le traitement des cas d'exception que le simple fait de renvoyer une valeur particulière, comme par exemple la possibilité de laisser remonter une exception



## Pourquoi des exceptions non contrôlées ?

- Les exceptions non contrôlées peuvent survenir dans toute portion de code (par exemple **`NullPointerException`** ou **`IllegalArgumentException`**)
- Si ces exceptions étaient contrôlées, toutes les méthodes auraient une clause **`throws`** ou seraient truffées de bloc **`try-catch`**



## Exceptions et en-têtes de méthodes

- Une méthode peut déclarer pouvoir renvoyer plusieurs types d'exception
- Exemple :

```
public final Object readObject() throws
IOException, ClassNotFoundException
```

- Les exceptions peuvent être des exceptions contrôlées (le plus souvent) mais aussi des exceptions non contrôlées



## Regrouper des traitements d'erreurs

- L'arbre d'héritage de **`Throwable`** permet de regrouper les traitements des erreurs liées à toutes les sous-classes d'une classe d'exception
- Par exemple, **`catch(IOException e) { . . .}`** permet de regrouper le traitement de toutes les erreurs dues aux entrées/sorties (**`EOFException`**, **`FileNotFoundException`**, …)



## Exception ou traitement normal ?

- Il faut réserver les exceptions aux traitements des erreurs ou des cas exceptionnels et éviter de les utiliser pour traiter un cas « normal »



## Exemple

- Si un fichier est lu du début à la fin, ne pas utiliser **`EOFException`** pour repérer la fin du fichier ; utiliser plutôt la valeur spéciale renvoyée par la méthode de lecture quand elle rencontre la fin du fichier
- Mais si on rencontre la fin du fichier avant d'avoir lu les 10 valeurs dont on a besoin, utiliser **`EOFException`**

## Exceptions et performances

- Si aucune exception n'est levée, l'impact sur les performances d'un bloc **`try-catch`** est négligeable
- La levée d'une exception peut au contraire avoir un impact non négligeable sur les performances
- Une autre bonne raison de ne pas utiliser les exceptions pour les cas « normaux »



## Constructeurs des exceptions

- Par convention, toutes les exceptions doivent avoir au moins 2 constructeurs :
  - un sans paramètre
  - un autre dont le paramètre est une chaîne de caractères utilisée pour décrire le problème



## Chaînage de **`Throwable`**

- Le JDK 1.4 a ajouté des constructeurs à la classe **`Throwable`** qui prennent un **`Throwable`** en paramètre, ce qui permet le chaînage d'exceptions (étudié plus loin)
- Les classes d'exception des API auront aussi le plus souvent des constructeurs qui permettent le chaînage d'exception de plus bas niveau
- Par exemple pour lier à une **`FactureException`** la **`IOException`** qui en est la cause première



## Méthodes de la classe **`Throwable`**

- **`getMessage()`** retourne le message d'erreur associé à l'instance de **`Throwable`** (**`getLocalizedMessage()`** : idem en langue locale)
- **`printStackTrace()`** affiche sur la sortie standard des erreurs (**`System.err`**), le message d'erreur et la pile des appels de méthodes qui ont conduit au problème
- **`getStackTrace()`** récupère les éléments de la pile des appels



## Variante de **`printStackTrace`**

- La variante sans paramètre affiche la pile sur le fichier des erreurs standard (l'écran par défaut)
- Une variante prend un paramètre de type **`PrintWriter`** pour choisir un autre flot de sortie
- Si on choisit un flot **`StringWriter`** décoré par un **`PrintWriter`**, on peut ainsi enregistrer la pile dans une chaîne de caractères pour, par exemple, la passer à un logger (notion étudiée dans la suite de ce cours)



## Exemple

```
catch (TrucException e ) {
  StringWriter sw = new StringWriter();
  PrintWriter pw = new PrintWriter(sw);
  e.printStackTrace(pw);
  pw.flush();
  logger.info(sw.toString());
  logger.warning("Problème : ... ");
}
```

## Lancer une exception avec **`throw`**



## Lancer une exception

- Le programmeur peut lancer lui-même des exceptions depuis les méthodes qu'il écrit
- Il peut lancer des exceptions des classes d'exceptions fournies par le JDK
- Ou lancer des exceptions appartenant à de nouvelles classes d'exceptions, qu'il a lui-même écrites, et qui sont mieux adaptées aux classes qu'il a écrites



## Lancer une exception du JDK

```
public class Employe {
  . . .
  public void setSalaire(double salaire) {
    if (salaire < 0)
      throw new IllegalArgumentException(
                      "Salaire négatif !");
    this.salaire = salaire;
}
```

Création d'une instance



## Créer une nouvelle classe d'exception



## Créer une classe d'exception

- Si on utilise les classes d'exception existantes, l'information transportée par les exceptions peut être insuffisante pour déterminer et donner une solution satisfaisante au problème
- Le programmeur peut avoir à créer ses propres classes d'exception pour s'adapter mieux aux classes de l'application
- Par convention, les noms de classes d'exception se terminent par « Exception »



## Exemple

```
public class EtagerePleineException
    extends Exception {
  private Etagere etagere;
  public EtagerePleineException(Etagere etagere)
  {
    super("Etagère pleine");
    this.etagere = etagere;
  }
  . . .
  public Etagere getEtagere() {
    return etagere;
  }
}
```

L'exception contient une référence à l'étagère pleine

N'oubliez pas d'ajouter au moins le constructeur sans paramètre et celui qui prend un message en paramètre

## Utiliser la nouvelle classe d'exception

```
public class Etagere {
  . . .
  public void ajouteLivre(Livre livre)
      throws EtagerePleineException {
    if (nbLivres >= livres.length)
      throw new EtagerePleineException(this);
    livres[nbLivres++] = livre;
  }
  . . .
}
```



## Autre façon d'écrire **`ajouteLivre`**

```
public void ajouteLivre(Livre livre)
    throws EtagerePleineException {
  try {
    livres[nbLivres] = livre;
    nbLivres++;
  }
  catch(ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
    throw new EtagerePleineException(this);
  }
}
```

Attention à ne pas incrémenter dans cette ligne

Quelle est la meilleure solution ?



## Attraper la nouvelle exception

```
// étagère de 10 livres
Etagere etagere = new Etagere(10);
...
try {
  etagere.ajouteLivre(new Livre("Java", "Eckel"));
}
catch(EtagerePleineException e) {
  System.err.println("L'étagère ne peut contenir que "
                     + e.getEtagere().getContenance());
  e.printStackTrace();
}
```



## Compléments sur les exceptions



## Exceptions et redéfinition

- Soit une méthode **`m()`** de **`B`** qui redéfinit une méthode d'une classe mère **`A`**
- **`m()`** ne peut pas déclarer renvoyer (**`throws`**) plus d'exceptions contrôlées que **`m()`** de **`A`** ; elle peut renvoyer
  - les mêmes exceptions
  - des sous-classes de ces exceptions
  - moins d'exceptions
  - aucune exception



## Exceptions et redéfinition

- En effet, **`m()`** de **`B`** doit pouvoir être utilisée par une méthode qui utilise **`m()`** de **`A`**, et qui n'attrape que des exceptions lancées par **`m()`** de **`A`**

## Exceptions et constructeurs

- Aucune instance n'est créée si une exception est levée par un constructeur



## Chaînage des exceptions

- Depuis le JDK 1.4 on peut chaîner les exceptions
- On peut ainsi lancer une exception de plus haut niveau sémantique, sans perdre les informations données par l'exception de plus bas niveau que l'on a attrapé
- Le chaînage se fait au moment où on construit l'exception de plus haut niveau : on passe au constructeur l'exception de bas niveau, qui est la cause première de l'exception



## Exemple de chaînage

```
try {
  . . .
}
catch(IOException e) {
  throw new FactureException(.., e);
}
```



## Exception avec chaînage

- La classe d'exception de haut niveau doit prévoir un constructeur avec un paramètre de type **`Throwable`** pour le chaînage de l'exception de plus bas niveau
- Par exemple :

```
HautNiveauException(String message,
                    Throwable cause) {
  super(message, cause);
}
```

Appel du constructeur de la classe **`Exception`**



## Chaînage explicite de 2 exceptions

- La classe **`Throwable`** contient la méthode **`Throwable initCause(Throwable `*`cause`*`)`** qui permet de chaîner une cause (ne peut être appelé qu'une seule fois pour un throwable donné)
- Cette méthode renvoie le throwable à qui le message est envoyé



## Récupérer la chaîne des exceptions

- Le code qui attrape l'exception **`ex`** de plus haut niveau peut obtenir l'exception de départ par l'appel **`ex.getCause()`** (méthode de la classe **`Throwable`**)

## Choix des exceptions à lancer



- Le développeur peut hésiter dans le choix du type d'exception que pourra lancer une des méthodes qu'il a écrites
- Voici quelques critères de choix



## `Error`

- Les **`Error`** sont réservées aux erreurs qui surviennent dans le fonctionnement de la JVM
- Par exemple, un problème de mémoire **`OutOfMemoryError`**, une méthode qui n'est pas trouvée **`NoSuchMethodError`**
- Elles ne devraient jamais arriver
- Elles ne devraient jamais être lancées par le code écrit par le développeur



## `RuntimeException`

- C'est le bon choix si le problème ne pourra être résolu (en attrapant l'exception) par une des méthodes appelantes (dans la pile d'exécution)
- Inutile d'alourdir le code des méthodes appelantes en les forçant à attraper une exception (ou à ajouter une clause **`throws`**) si on sait qu'elles ne pourront résoudre le problème



## `RuntimeException`

- Elles peuvent être dues à un bug du code (par exemple **`ArrayIndexOutOfBoundsException`**)



## `RuntimeException`

- Convient aussi si le problème est dû à une mauvaise utilisation de la méthode
- Exemple : passage d'un paramètre invalide **`IllegalArgumentException`**
- Comme une **`Error`**, une exception non contrôlée ne devrait jamais arriver ; elle est due à une erreur indépendante du code d'où elle a été lancée (un réseau défaillant, passage d'un mauvais paramètre,…)

## Traitement des exceptions non contrôlées

- Une bonne solution est de laisser remonter l'exception jusqu'à une classe proche du début de l'action qui a provoqué le problème
- Cette classe attrape l'exception, l'enregistre comme événement inattendu (système de *logging* ; voir la suite de ce cours), remet éventuellement les choses en place et stoppe proprement l'action qui a provoqué le problème ; elle prévient l'utilisateur s'il le faut



## Exceptions contrôlées

- Pour les cas peu fréquents mais, au contraire des exceptions non contrôlées, pas inattendus
- Elles correspondent à des scénarios envisagés par le développeur et participent donc à la logique de l'application
- Elles sont réservées aux problèmes qui pourront être résolus (au moins partiellement) par une des méthodes de la pile d'exécution
- Par exemple, si une étagère est pleine, le code qui a voulu ajouter un livre pourra choisir une autre étagère



## Le JDK et les exceptions contrôlées

- Le JDK contient des API qui abusent des exceptions contrôlées
- Elles utilisent ces exceptions alors que la méthode appelante ne pourra pas résoudre le problème
- Par exemple, JDBC (liée au langage SQL) et les entrées-sorties
- En ce cas, une solution est d'attraper l'exception contrôlée et de renvoyer une exception non contrôlée



## Éviter le laisser aller

- Mais attention à ne pas utiliser des exceptions non contrôlées uniquement pour ne pas être gêné dans l'écriture des méthodes qui utilisent la méthode qui peut lancer l'exception (pour éviter d'avoir à écrire des **`throws`** ou des **`try`** – **`catch`** – **`finally`**)



## Exceptions du JDK ou nouveau type d'exception ?

- Si une exception du JDK convient, il vaut mieux l'utiliser car ces exceptions sont bien connues des développeurs
- Sinon, ne pas hésiter à créer un nouveau type d'exception
- Ainsi, s'il n'existe pas d'exception du JDK au bon niveau d'abstraction pour l'application, il vaut mieux créer un nouveau type d'exception



## Quand lever une exception

- Si une exception doit être levée il vaut mieux qu'elle le soit le plus près possible de l'endroit du code à l'origine du problème
- Par exemple, si une exception est due à un paramètre qui n'a pas une valeur correcte, il faut lancer l'exception au début de la méthode s'il est possible de détecter le problème

## Quand lever une exception

- Un exemple caricatural de mauvaise programmation : accepter une valeur **`null`** comme paramètre du modificateur **`setXxx`** d'une variable d'instance **`xxx`** et lever une exception seulement lors de l'utilisation de cette variable d'instance : « **`xxx.m();`** »
- Il sera en effet plus difficile de trouver la ligne de code qui a provoqué l'erreur



## Messages d'erreur



## Savoir lire un message d'erreur

- Les messages d'erreurs affichés par la JVM correspondent à la sortie de la méthode **`printStackTrace`**
- Lire attentivement ces messages fait gagner beaucoup de temps pour corriger du code



## Savoir lire un message d'erreur

- Le message commence par le message d'erreur associé à l'erreur qui a provoqué l'affichage
- On a ensuite la pile des méthodes traversées depuis la méthode **`main`** pour arriver à l'erreur
- Les méthodes les plus récemment exécutée sont en premier, la méthode **`main`** en dernier



## Savoir lire un message d'erreur

- A chaque étape, on a le numéro de la ligne en cause
- A la place du numéro de ligne, on peut avoir le message « **`unknown Source`** » si la JVM Hotspot a pré-compilé le code
- Dans ce dernier cas, on peut faire afficher les numéros de ligne, en compilant la classe qui provoque l'erreur avec l'option **`-g`** (si on a son fichier source)



## Les assertions

## Points critiques

- Pour vérifier la correction d'un programme il est utile de vérifier certaines assertions à des endroits bien choisis du programme
- La programmation par contrat (*design by contract*) a formalisé l'utilisation des assertions
- Le langage Eiffel en implémente une partie



## Localisation des points critiques

- Les points critiques à vérifier sont
  - le début (pré-condition qui vérifie les paramètres) et la fin (post-condition) des méthodes (contrat client – utilisateur de la méthode)
  - les invariants de classe (dont héritent les classes filles) pour vérifier une propriété de l'état d'une instance
  - les invariants de boucle
  - après un traitement complexe



## Les assertions en Java

- Java n'implémente qu'une très petite partie de la programmation par contrat



## `assert`

- le JDK 1.4 a introduit un nouveau mot-clé **`assert`** qui permet d'insérer des assertions qui vont lancer une erreur **`AssertionError`** (classe du paquetage **`java.lang`**, fille de **`Error`**) lorsqu'elles ne seront pas vérifiées
- Ces vérifications peuvent être activées en période de test, et désactivées en production



## Syntaxe

- **`assert`** ***`assertion`*****`;`**
  ***`assertion`*** est une expression booléenne
- **`assert`** ***`assertion`*** **`:`** ***`expression`*****`;`**
  ***`expression`*** peut être n'importe quelle expression ; sa valeur sera affichée si **`assert`** provoque une erreur



## Exemples (1)

```
if (x == 0) {
   . . .
}
else {
  // x doit être égal à 0 ou 1
  assert x == 1 : x ;
  . . .
}
```

## Exemples (2)

```
switch(x) {
  case –1: . . .
  case 0: . . .
  case 1: . . .
  case default: assert false : x;
  }
```



## Compilation

- Par défaut **`assert`** n'est pas reconnu par **`javac`**
- Ainsi les anciennes classes qui avaient des méthodes **`assert`** peuvent être compilées sans problème
- **`javac –source 1.4 ...`**
  reconnaît **`assert`** comme mot-clé



## Exécution

- Pour activer les assertions (sauf dans les classes système) :
  **`java –ea`**
- Pour activer seulement pour un paquetage (et ses sous-paquetages) ou une classe :
  **`java -ea<`*`nom-paquetage`*`>...`**
  **`java –ea<`*`nom-classe`*`>`**
  3 points à taper tels quels !
- Pour désactiver seulement pour un paquetage ou une classe ; par exemple :
  **`java –ea -da<`*`nom-paquetage`*`>...`**



## Coût des assertions

- Pour les performances, les assertions désactivées ne coûtent que le test d'un seul drapeau qui indique qu'elles sont désactivées
- Cependant, les assertions prennent de la place dans le code compilé
- Un idiome Java permet de libérer cette place



## « Astuce » pour libérer la place des assertions

```
static final boolean assertionsActives =
  <true ou false>;
if (assertionActives) {
    assert expression;
}
```

- Si **`assertionsActives`** est **`false`**, le compilateur va s'apercevoir que « **`assert expression`** » ne peut être atteint et va enlever cette instruction du code compilé



## Limitations de **`assert`**

- Pas assez puissant pour vérifier simplement une assertion du type « $\forall i\ t[i] > 0$ »
- Ne pas utiliser pour les pré-conditions car le contrat ne sera pas vérifié quand les assertions seront désactivées en production ; utiliser plutôt les exceptions pour les pré-conditions
- Les assertions de type invariant de classe ne se transmettent pas aux classes filles

## Quand utiliser **`assert`** ?

- On peut souvent hésiter entre utiliser une assertion ou utiliser une exception
- Le principe général pour choisir est le suivant : les assertions sont faites pour vérifier la logique interne d'un programme mais pas pour vérifier une condition qui ne dépend pas complètement du code que vous écrivez
- En effet, les assertions sont normalement désactivées en production



## Quand utiliser **`assert`** ? Exemples

- Ne pas utiliser une assertion pour vérifier une condition qui dépend de l'extérieur de l'application (saisie d'une valeur par l'utilisateur par exemple)
- Ne pas utiliser les assertions pour vérifier une pré-condition d'une méthode **`public`** (mais on peut le faire pour une méthode **`private`**)
- Utiliser les assertions pour les post-conditions, les invariants de boucle, de classe, après les traitements complexes



## Journalisation (*logging*)



- Souvent les développeurs ajoutent des **`System.out.println`** dans leur code pour suivre ce qui se passe dans une application
- Ils doivent ensuite les enlever quand ils ont trouvé les erreurs qu'ils cherchaient
- Et ensuite en remettre si un problème survient…
- A chaque fois il faut recompiler les classes
- Ils existe une bien meilleure solution, le *logging*



## Le *logging*

- Le *logging* permet de suivre/enregistrer certains événements qui surviennent dans une application
- Le plus souvent on veut ainsi repérer les événements anormaux, signe d'un problème
- Au contraire de **`assert`**, la journalisation n'interrompt pas le déroulement de l'application et l'utilisateur de l'application n'a souvent même pas connaissance de son fonctionnement



## Support de *logging*

- Les événements repérés par le système de *logging* peuvent être affichés à l'écran mais le plus souvent ils sont enregistrés dans un fichier, journal de bord de l'application
- Ce journal de bord pourra être consulté par l'informaticien en charge de l'application pour repérer les problèmes éventuels

## Niveaux des messages

- La journalisation permet de fournir des messages de différents niveaux ; par exemple
  - une simple information sur ce qui s'est passé
  - un avertissement
  - un avis de problème important
- Il est possible de choisir dans un fichier de configuration ou à l'exécution le niveau de gravité minimum des messages qui seront fournis
- Les messages de niveau inférieur ne seront pas produits



## Paquetage pour le logging

- Le paquetage **`java.util.logging`** fournit le code pour faire du logging
- Il a été introduit depuis le JDK 1.4



## Les acteurs

- **`Logger`** : initie l'enregistrement des messages de logging qui ont le niveau requis
- **`LogRecord`** : support pour transmettre les messages des loggers vers les handlers
- **`Handler`** : exporte les messages vers une destination (par exemple un fichier)
- **`Filter`** : sélection fine des messages à logger
- **`Formatter`** : met en forme les messages



## Messages de logging

- Les messages sont créés par des « loggers », avec la méthode **`log`** ; par exemple

```
logger.log(Level.WARNING,
           "problème Machin", ex);
```

- Ce message ne sera produit que si on a fixé à un niveau inférieur ou égal à **`WARNING`** le niveau minimum des messages que l'on souhaite produire
- Si le niveau a été fixé à **`SEVERE`** (niveau supérieur) le message ne sera pas produit



## Niveaux des messages

- **`SEVERE`** (le plus fort) : problème sérieux
- **`WARNING`** : problème potentiel
- **`INFO`** : une information
- **`CONFIG`** : pour informer d'une configuration
- **`FINE`** : tracer l'exécution
- **`FINER`** : … avec plus de détails
- **`FINEST`** (le moins fort) : encore plus de détails
- **`ALL`** : ne filtre aucun message
- **`OFF`** : pas de logging



## Méthodes **`log`**

- Cette méthode est surchargée par de nombreuses méthodes ; en particulier
  - **`log(Level niveau, String message)`**
  - **`log(Level niveau, String message, Object paramètre)`**
  - **`log(Level niveau, String message, Object[] paramètres)`**
  - **`log(LogRecord enregistrement)`**
- Les paramètres sont des objets quelconques qui complètent le message, par exemple une exception

## Méthodes **`logp`**

- La méthode **`log`** indique l'emplacement du code qui a généré le message (la classe et la méthode)
- Des optimisations du compilateur peuvent rendre imprécises ces informations
- Les méthodes **`logp`** permettent de passer en paramètre le nom de la classe et de la méthode



## Méthodes **`logrb`**

- Les méthodes **`logrb`** permettent de passer en paramètre le nom d'un « *resource bundle* » pour sortir les messages dans plusieurs langues (voir le cours sur l'internationalisation des applications)



## Méthodes pour les niveaux

- Au lieu de donner le niveau d'un message, on peut utiliser des méthodes spécifiques de la classe **`Logger`** qui ont le même nom que le niveau auquel elle correspondent (**`severe`**, **`warning`**, **`info`**,…) :

```
logger.warning("problème Machin");
```



## Méthode **`throwing`**

- A utiliser pour signaler qu'une méthode se termine en lançant une exception (**`throw`**)
- Signature :

```
throwing(String classe-source,
         String méthode-source,
         Throwable exception)
```



## Entrée et sortie de méthode

- Des méthodes utilitaires peuvent être utilisées lors des entrées et sorties de méthodes :

```
entering(String classe-source,
         String méthode-source)
exiting(String classe-source,
         String méthode-source)
```

- Des variantes ont un 3ème paramètre pour indiquer le ou les paramètres de la méthode



## Fixer le niveau minimum

- 2 façons de fixer le niveau en dessous duquel les messages ne seront pas produits :
  - par programmation, par exemple **`logger.setLevel(Level.SEVERE);`**
  - Avec un fichier de propriétés (étudié à la fin de cette section)
- On peut aussi filtrer les messages par un autre critère que le niveau (les filtres sont étudiés plus loin)

## Obtenir un *logger*

- On obtient un *logger* par la méthode **`static getLogger`** de la classe **`Logger`**
- On lui passe un nom (ici **`fr.truc`**) ; on obtient un nouveau logger, ou un logger existant si un logger de ce nom a déjà été créé :
  **`Logger.getLogger("fr.truc");`**



## Nom d'un logger

- On peut donner n'importe quel nom mais il est recommandé de donner au logger le nom complet de la classe où le *logger* a été créé (ou qu'il suit)
- La configuration du suivi des classes en sera facilitée (étudiée à la fin de cette partie)
- On peut aussi lui donner le nom du paquetage de la classe pour une configuration un peu moins fine



## Hiérarchie des loggers

- Chaque logger a un logger parent
- La hiérarchie correspond au nom du logger
- Par exemple, le parent du logger de nom **`fr.truc.machin`** s'appelle **`fr.truc`**
- Le logger « racine » a pour nom la chaîne vide ; il s'obtient par
  **`Logger.getLogger("");`**



## Exemple

```
package fr.truc;
import java.util.logging.*;
public class Classe {
  private static Logger logger =
    Logger.getLogger("fr.truc");
  public static void main(String[] args){
    logger.fine("Début");
    try { Machin.do(); }
    catch (Error ex){
      logger.log(Level.WARNING,
                 "problème Machin", ex);
    }
    logger.fine("Fini !"); } }
```



## Handler

- Chaque handler a sa façon de fournir les messages à l'extérieur de l'application :
  - sur l'écran (**`ConsoleHandler`**)
  - dans un fichier (**`FileHandler`**)
  - dans un flot (**`StreamHandler`**)
  - dans un socket (**`SocketHandler`**)
  - en mémoire (**`MemoryHandler`**)



## Handler

- On peut associer plusieurs handlers à un logger
- Soit par programmation :

```
logger.addHandler(
    new FileHandler("fichier.log"));
```

- Soit dans un fichier de configuration (par **`<`*`nom logger`*`>.handlers`** =) :

```
fr.unice.p1.handlers =
java.util.logging.FileHandler,
java.util.logging.ConsoleHandler
```

## `MemoryHandler`

- Ne fait qu'enregistrer les messages en mémoire
- On peut indiquer à ce type de handler de passer les messages (**`push`**) emmagasinés à un autre handler, par exemple un **`FileHandler`**, désigné au moment de la création du handler
- Les messages emmagasinés ne seront transmis que si une condition survient
- La condition peut être l'arrivée d'un message d'un niveau minimum (**`setPushLevel`**)



## `FileHandler`

- Sans doute le plus utilisé ; enregistre les messages dans des fichiers
- Il est possible d'indiquer un, ou plusieurs fichiers qui seront utilisés circulairement
- Par défaut le niveau est **`Level.ALL`** ; il suffit donc de fixer le niveau du logger pour que les messages de logging soient enregistrés
- Voir la javadoc pour plus d'informations



## `FileHandler` – nom des fichiers

- Les noms et emplacement des fichiers peuvent être donnés sous la forme de patterns contenant par exemple « **`%h`** » pour désigner le répertoire HOME de l'utilisateur
- Par défaut, le pattern est « **`%h/java%u.log`** » ; **`%u`** représente un nombre entier (normalement 0) qui peut être augmenté si un fichier log de même nom est déjà utilisé



## `ConfigurationFileHandler`

- La configuration d'un tel handler comporte de nombreuses propriétés
- En voici quelques unes
- **`limit`** : taille maximum de chaque fichier (0 pour ne pas donner de taille maximum)
- **`count`** : nombre de fichiers utilisés à tour de rôle
- **`pattern`** : nom et emplacement des fichiers
- **`append`** : les messages des nouvelles sessions s'ajoutent au fichier si la valeur est true



## Niveau des Handlers

- Attention, certains handlers n'affiche pas par défaut tous les niveaux de gravité de messages
- Par exemple, **`ConsoleHandler`** n'affiche que les messages de niveau **`INFO`** et supérieur
- Si on veut faire sortir un niveau inférieur, il faut non seulement fixer le niveau du logger, mais aussi fixer le niveau du handler (voir exemple du transparent suivant)



## Exemple

```
// Pour enlever la console par défaut
LogManager.getLogManager().reset();
ConsoleHandler ch = new ConsoleHandler();
ch.setLevel(Level.FINE);
Logger logger = Logger.getLogger("truc");
logger.addHandler(ch);
logger.setLevel(Level.FINE);
```

## Classe **`Formatter`**

- Chaque handler a un formateur qui met en forme le message produit ; on l'indique dans le fichier de configuration (propriété **`<nom handler>.formatter`**) ou par **`handler.setFormatter(f1);`**
- Un formateur est une instance d'une classe qui hérite de la classe **`Formatter`** ; cette classe doit redéfinir la méthode **`String format(LogRecord record)`**



## Format de sortie

- Par défaut les sorties sur l'écran sont en format texte simple (formatteur **`java.util.logging.SimpleFormatter`**) et les messages dans un fichier sont en format XML (**`java.util.logging.XMLFormatter`**)
- Il est possible de construire son propre format de sortie



## Configuration du *logging*

- 2 façons de configurer le *logging* :
  - par un fichier de configuration : **`java –Djava.util.logging.config.file =logging.conf ...`**
  - par programmation avec des méthodes diverses de la classe **`Logger`** (**`addHandler`**, **`setFilter`**, **`setLevel`**,…)
- Le fichier de configuration par défaut se trouve sous le répertoire d'installation de jre : **`lib/logging.properties`**



## Cheminement du **`LogRecord`** (1)

- Lorsqu'un message est produit, il est enregistré dans une instance de **`LogRecord`**
- Cet enregistrement est alors passé à tous les handlers du logger



## Cheminement du **`LogRecord`** (2)

- Il remonte ensuite au logger parent qui le passe à ses handlers, et ainsi de suite…
- L'appel de **`setUseParentHandlers(false)`** de la classe **`Logger`** permet de stopper cette remontée si on le souhaite
- Rappel : le parent du logger de nom **`fr.unice.machin`** a pour nom **`fr.unice`** ; il est donc simple d'indiquer les classes qui seront suivies en fixant le niveau d'un logger (voir transparent suivant)



## Configuration des niveaux

- Si on ne fixe pas le niveau d'un logger, il hérite celui de son parent
- Si on a pris soin de nommer les loggers suivant le nom des classes qu'ils observent, il est facile de choisir le niveau du suivi des classes ou paquetages que l'on souhaite journaliser

## Configuration par défaut

- Le logger racine est configuré avec un **`ConsoleHandler`**
- Dès que l'on crée un autre logger, les messages sont donc envoyés vers l'écran (**`System.err`** plus exactement) à cause du cheminement des **`LogRecord`** vers les parents
- Le niveau par défaut est **`INFO`**
- Les **`File`** et **`Socket Handler`** ont un **`XMLFormatter`**



## Configuration par défaut (1)

```
# Par défaut configure seulement un
# ConsoleHandler avec le niveau INFO
handlers= java.util.logging.ConsoleHandler
# Pour ajouter aussi un FileHandler :
#handlers=java.util.logging.FileHandler,java
  .util.logging.ConsoleHandler
# Niveau global par défaut.
# Le ConsoleHandler a un niveau séparé.
.level= INFO
```



## Configuration par défaut (2)

```
# Fichier de sortie dans HOME.
java.util.logging.FileHandler.pattern =
  %h/java%u.log
# Pour des fichiers de logging à écriture
# circulaire (2 fichiers de 50000 octets)
java.util.logging.FileHandler.limit = 50000
java.util.logging.FileHandler.count = 2

java.util.logging.FileHandler.formatter =
  java.util.logging.XMLFormatter
```



## Configuration par défaut (3)

```
# Limiter les messages affichés à INFO.
java.util.logging.ConsoleHandler.level =
  INFO
java.util.logging.ConsoleHandler.formatter =
  java.util.logging.SimpleFormatter
```



## Configuration par défaut (4)

```
# On peut configurer chaque logger.
# Par exemple, indiquer que le logger
# fr.truc ne prend en compte que les
# messages dont le niveau est au-dessus
# de SEVERE :
fr.truc.level = SEVERE
```



## Fichier de configuration (1)

```
# Handlers du logger racine
handlers = java.util.logging.ConsoleHandler
# Spécifie les handlers uniquement pour le
# logger de nom "test"
test.handlers = java.util.logging.FileHandler
# Niveau minimum des messages transmis
.level = ALL
# Niveaux pour les handlers
java.util.logging.ConsoleHandler.level = INFO
java.util.logging.FileHandler.level = ALL
```

## Fichier de configuration (2)

```
# Configuration du FileHandler
java.util.logging.FileHandler.pattern =
  java%u.log
# Sa taille ne dépassera pas 50000 octets
java.util.logging.FileHandler.limit = 50000
# 2 fichiers de logging
java.util.logging.FileHandler.count = 2
# Le contenu du fichier sera du XML
java.util.logging.FileHandler.formatter =
  java.util.logging.XMLFormatter
```



## Filtres

- Si on veut filtrer les messages avec d'autres attributs que le niveau, on peut filtrer les **`LogRecord`** avec un filtre attaché à un handler
- Le filtre doit être une instance d'une classe qui implémente l'interface **`Filter`**
- On associe un filtre à un logger, ou à un handler avec les 2 méthodes de même signature des classes Logger et Handler

```
setFilter(Filter filtre)
  throws SecurityException
```



## Filtrage

- La méthode (de **`Filter`**) **`boolean isLoggable(LogRecord enregistrement)`** indique si le handler traitera l'enregistrement ou l'ignorera
- Le filtrage peut être effectué sur tout attribut du **`LogRecord`**
- Par exemple, sur les paramètres du message (passés en paramètre de **`log`**)
- On utilise pour cela les nombreux accesseurs de la classe **`LogRecord`**



## Chaîne complète de traitement

- Si le niveau est suffisant, une instance de **`LogRecord`** est créée par le logger
- Celui-ci repasse l'enregistrement à ses handlers pour fournir le message
- Si l'enregistrement passe le filtre éventuel,
  - le formatter de chaque handler met en forme l'enregistrement sous forme d'un message de journalisation
  - l'enregistrement est ensuite passé au parent du logger



## Rapidement, comment faire ?

- Pour chaque classe que l'on veut suivre,
- **`import java.util.logging.*;`**
- **`private static Logger logger = Logger.getLogger("fr.p1.Classe");`**
- Dans les méthodes suivies :

```
logger.info("Message d'information");
logger.warning("Avertissement");
```

- Positionner le niveau de sortie des messages et les autres options dans un fichier de propriétés