Cours n° 5

Les exceptions

Sommaire

1. NOTION D'EXCEPTION

Introduction

Gestion des événements exceptionnels

Détection et gestion des problèmes pendant l'exécution

- Données ou résultats incorrects,
- Débordement mémoire,
- Opérations interdites

Détection par la JVM ou par le programme

Simplification de la programmation

Traitement local des problèmes

- Correction puis reprise de l'exécution normale

Traitement déporté des problèmes

- Correction puis reprise de l'exécution à une étape précédente
- Centralisation des traitements et génération de compte rendu

1. NOTION D'EXCEPTION

Concept

Gérer certaines anomalies de programme, provoquant un arrêt du programme, de manière à reprendre un cours normal d'exécution

Typologie de quelques anomalies provoquant un arrêt de programme (immédiat/différé)

- Opération interdite (division par zéro, racine carrée d'un entier négatif, …)
- Calcul conduisant à un overflow/underflow
- Lecture d'une donnée de format invalide (lors d'une interaction –utilisateur, –fichier, …)
- Mauvaise allocation mémoire (utilisation du `new`)
- Mauvaise utilisation de fonctions/méthodes (violation de précondition/postcondition)

Mécanisme des exceptions – Traitement des exceptions

Surveillance d'un bloc d'instructions

try { bloc d'instructions dont l'une au moins peut déclencher une exception }
Marque et surveille un bloc d'instructions qui potentiellement peut déclencher une exception : -soit explicitement lancée par l'exécution d'une instruction throw,
-soit lancée par la JVM

Lorsqu'une exception est levée : le flux d'exécution est interrompu et transféré au bloc catch spécialisé sur le traitement du type de l'exception

Interception de l'exception

catch (<typeException> e) { bloc d'instructions gérant l'exception }
Intercepte l'exception e, si l'exception déclenchée dans le bloc `try` est du type désigné dans le catch, le bloc try est exécuté. Plusieurs blocs `catch` peuvent se suivre.

finally { bloc optionnel de traitement terminal pour tout type d'exception }
Optionnel, ses instructions seront automatiquement exécutées quelque soit le type de l'exception attrapée

Mécanisme des exceptions – Propagation des exceptions

Envoi d'une exception

throw : if (constatation d'anomalie) throw e;
Déclenchement d'une exception (utilisateur) e objet de type Exception
(objet contenant toutes les informations que l'on souhaite donner sur l'erreur)
L'instruction throw est généralement délocalisée (dans une méthode/fonction) relativement aux instructions (try catch finally)

Délocalisation du traitement d'une exception

throws
Dans un prototype de méthode/fonction, signale que la méthode/fonction peut déclencher une exception qui n'est pas traitée dans la méthode (ou partiellement traitée puis relancée)
L'appelant est supposé surveiller (dans un bloc try) l'éventuel déclenchement d'exception lié à l'exécution de la méthode et attraper/gérer les exceptions de ce type.

Règle : Toute exception envoyée et non **interceptée** provoque l'**arrêt du programme**

Cadre d'utilisation des exceptions

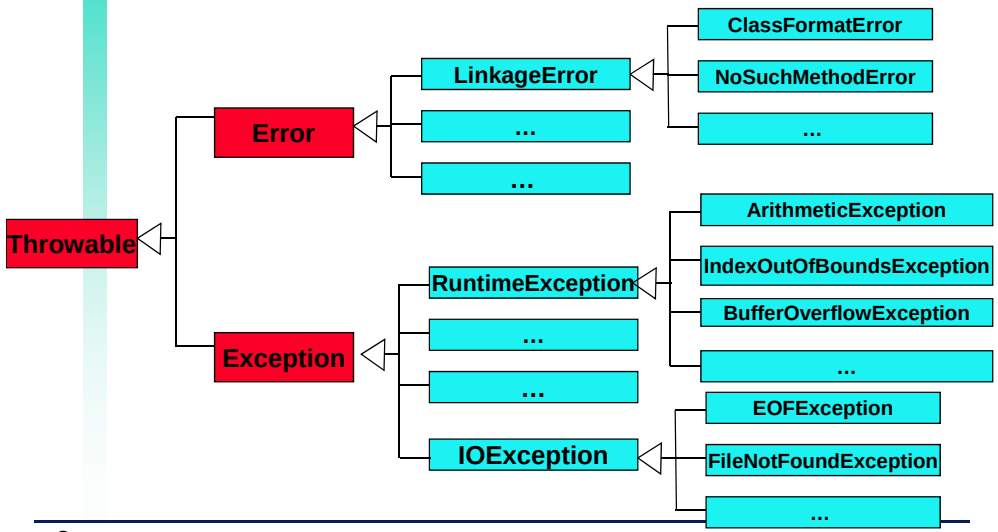
Lecture robuste

Objectif : lecture d'une donnée de format valide dans le cadre d'une interaction utilisateur/fichiers…
Principe : Boucler sur la requête de lecture tant que la donnée lue est de format invalide
Le mécanisme des exceptions permet :
de détecter l'anomalie de format (levée d'exception dans le bloc try),
de rediriger le flux d'exécution (dans le bloc catch traitant l'exception levée)

Sécurisation de composants

Objectif : gérer les anomalies l'utilisation des méthodes du composant
Principe : L'anomalie d'utilisation (précondition violée) est détectée dans la méthode, une exception est alors déclenchée/lancée (throw). Généralement la méthode n'attrape/traite pas l'exception, le bloc catch se trouve dans l'appelant qui gère la reprise d'exécution

Arborescence des types d'exception de la JVM



Arborescence des types d'exception de la JVM

53 classes dérivées de la classe Exception

AclNotFoundException, ActivationException, AlreadyBoundException, ApplicationException, AWTException, BackingStoreException, BadLocationException, CertificateException, ClassNotFoundException, CloneNotSupportedException, **DataFormatException**, DestroyFailedException, ExpandVetoException, FontFormatException, GeneralSecurityException, GSSException, IllegalAccessException, InstantiationException, InterruptedException, IntrospectionException, InvalidMidiDataException, InvalidPreferencesFormatException, InvocationTargetException, **IOException**, LastOwnerException, **LineUnavailableException**, MidiUnavailableException, MimeTypeParseException, NamingException, NoninvertibleTransformException, NoSuchFieldException, NoSuchMethodException, NotBoundException, NotOwnerException, **ParseException**, ParserConfigurationException, **PrinterException**, PrintException, PrivilegedActionException, PropertyVetoException, RefreshFailedException, RemarshalException, **RuntimeException**, **SAXException**, ServerNotActiveException, SQLException, TooManyListenersException, TransformerException, UnsupportedAudioFileException, UnsupportedCallbackException, UnsupportedFlavorException, UnsupportedLookAndFeelException, URISyntaxException, UserException, XAException

Arborescence des types d'exception de la JVM

21 classes dérivées de la classe IOException

ChangedCharSetException, CharacterCodingException, CharConversionException, **ClosedChannelException**, **EOFException**, FileLockInterruptionException, **FileNotFoundException**, **IIOException**, InterruptedIOException, **MalformedURLException**, **ObjectStreamException**, **ProtocolException**, **RemoteException**, **SocketException**, SSLException, SyncFailedException, UnknownHostException, UnknownServiceException, UnsupportedEncodingException, UTFDataFormatException, ZipException

ClosedChannelException : entrée/sortie sur un flot fermé

EOFException : fin de fichier

FileNotFoundException : fichier inconnu

IIOException : problème au cours d'une écriture ou d'une lecture

MalformedURLException : adresse URL (internet, …) mal construit

ObjectStreamException : exceptions sur les flots binaires

ProtocolException, RemoteException, SocketException : exceptions réseaux

Arborescence des types d'exception de la JVM

29 classes dérivées de la classe RuntimeException

ArithmeticException, ArrayStoreException, **BufferOverflowException**, **BufferUnderflowException**, CannotRedoException, CannotUndoException, **ClassCastException**, CMMException, ConcurrentModificationException, DOMException, EmptyStackException, IllegalArgumentException, IllegalMonitorStateException, IllegalPathStateException, IllegalStateException, ImagingOpException, **IndexOutOfBoundsException**, MissingResourceException, NegativeArraySizeException, NoSuchElementException, NullPointerException, ProfileDataException, ProviderException, RasterFormatException, SecurityException, SystemException, UndeclaredThrowableException, UnmodifiableSetException, UnsupportedOperationException

ArithmeticException : division par zéro, racine carrée d'un nombre négatif…

BufferOverflowException : écriture dans un tampon plein

BufferUnderflowException : lecture dans un tampon vide

ClassCastException : conversion non valide d'un type vers un autre type

IndexOutOfBoundsException : Débordement d'un indice d'une structure de données séquentielle (tableau, string, …)

Contenu d'une exception

Classe Exception

Classe dévirée de la classe **Throwable**

- Un constructeur avec comme paramètre (String) la description du problème
- Deux méthodes

  getMessage() permettant d'obtenir cette description,

  printStackTrace() donnant la localisation dans le programme du déclenchement de l'exception

Instance de la classe Exception
Traitement unique pour différents types de problème
Création de classes dérivées d'Exception
Traitement adapté à chaque type de problème
throw IdentException;
Envoi de l'exception IdentException au gestionnaire d'exception de la JVM
throw new TypeException(..)
Création et lancement d'une exception de type TypeException
Déclenchement d'exception par la JVM Détection d'une anomalie

Principes

Quatre étapes de traitement

A la levée d'exception, arrêt de l'exécution du code

Recherche du type d'exception employé et de son bloc de traitement

Exécution du bloc de traitement

Reprise ou arrêt de l'exécution normale

Trois Structures spécialisées et consécutives

try {bloc d'instructions où l'on l'on surveille –les déclenchement d'exceptions explicitement lancés par throw ou –les déclenchements d'exception lancés par la JVM }

catch(TypeException IdentException) {bloc de traitement associé à l'exception de type TypeException)}

finally {bloc optionnel de traitement pour tous les types d'exception}

Exception déclenchée par la JVM (1/5)

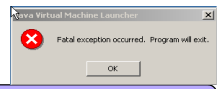
Tableau.java

```
public class Tableau {
protected String[] tab_;
/** Création d'une nouvelle instance de la classe Tableau
 * @param n taille du tableau */
public Tableau(int n) {tab_ = new String[n];}
/** lecture d'un élément du tableau
 * @param i indice du tableau
 * @return élement */
public String get(int i) {return(tab_[i]);}
/** écriture d'un élément dans le tableau
 * @param i indice du tableau
 * @param mot élément à écrire */
public void put(int i, String mot) {tab_[i] = mot;}
}
```


Exception déclenchée par la JVM (2/5)

testTableau.java

```
public class testTableau {
  public static void main(String[] args) {
    Tableau phrase = new Tableau(2);
    String mot;
    phrase.put(0, "le");
    mot = phrase.get(0); System.out.println(mot);
    phrase.put(1, "livre");
    mot = phrase.get(1); System.out.println(mot);
    phrase.put(2, "de");
    mot = phrase.get(2); System.out.println(mot);
  }
}
```



Erreur et arrêt de l'exécution

```
le
livre
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 2
at sem16.Tableau.put(Tableau.java:29)
at sem16.Exo1.main(Exo1.java:22)
```


Analyse du programme

`Tableau phrase = new Tableau(2);`
phrase est un objet de type Tableau instancié avec le paramètre 2
Son attribut `tab_` est un tableau de dimension 2 (indexé de 0 à 1)

Dans le main :

`phrase.put(2, "de");`
conduit à l'exécution de la méthode put de Tableau :
`tab_[2] = mot;`
qui provoque une exception de type **`ArrayIndexOutOfBoundsException`**
déclenchée par la **JVM**

L'exception (**`e`**) n'est « attrapée puis gérée » à aucun niveau (jusqu'au main) :
le **programme affiche** automatiquement la **trace** de la pile d'exécution
(**`e.printStackTrace()`**) à partir du déclenchement de l'exception
puis **s'arrête**.

Exception déclenchée par la JVM (3/5)

test2Tableau.java

```
public class test2Tableau {
public static void main(String[] args) {
Tableau phrase = new Tableau(2);
String mot;
try {
phrase.put(0, "le"); mot = phrase.get(0);System.out.println(mot);
phrase.put(1, "livre"); mot = phrase.get(1); System.out.println(mot);
phrase.put(2, "de"); mot = phrase.get(2); System.out.println(mot);
}
catch (IndexOutOfBoundsException e) {
System.out.println("Reprise du contrôle d'exécution");
e.printStackTrace();
System.out.println("Sortie de programme"); System.exit(0);
}
}
}
```

```
le
livre
Reprise du contrôle d'exécution
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 2
at sem16.Tableau.put(Tableau.java:29)
at sem16.Exo1a.main(Exo1a.java:33)
Sortie de programme
```


Objectifs du programme TableauDyn.java

Sécuriser le composant Tableau

Contrainte : le composant **`Tableau`** existe,
il n'est pas remis en question, on souhaite juste sécuriser son utilisation

Première sécurisation : étendre le tableau à un tableau dynamique
en cas d'écriture d'un élément à une position externe au tableau originel

Solution retenue :

`TableauDyn` spécialisera **`Tableau`** en un tableau dynamique (Héritage)

Seule la méthode **`puts`** sera définie, elle devra **attraper et traiter l'exception native** de la JVM (**indexOutOfBoundsException**). Le traitement consistera à étendre la dimension du tableau originel **t** à un tableau **t+pas**

C'est ce tableau dynamique (`TableauDyn`) qui devra être utilisé pour des accès en écriture sécurisés

Exception déclenchée par la JVM (4/5)

TableauDyn.java

```
public class TableauDyn extends Tableau {
 protected int pas_=0;
 /** création d'une nouvelle instance de TableauDyn
  * @param t taille du tableau originel
  * @param pas, pas d'augmentation de taille du tableau
  */
 public TableauDyn(int t, int pas) { super(t); pas_ += pas; }
 /** écriture d'un élément dans le tableau
  * @param i indice du tableau
  * @param mot élément à écrire
  */
 public void puts(int i, String mot) {
  try { super.put(i, mot); }
  catch (IndexOutOfBoundsException e) {
  System.out.println("Elargissement du tableau à une taille
    de "+(tab_.length+pas_));
  String[] newtab = new String[tab_.length + pas_];
    for (int j = 0;j < tab_.length;j++) newtab[j] = tab_[j];
  tab_ = newtab; puts(i, mot);
  }}}
```


Exception déclenchée par la JVM (5/5)

testTableauDyn.java

```
public class testTableauDyn {
 public static void main(String[] args) {
  TableauDyn phrase = new TableauDyn(2,5);
  String mot;

  phrase.puts(0, "le");
  mot = phrase.get(0); System.out.println(mot);
  phrase.puts(1, "livre");
  mot = phrase.get(1); System.out.println(mot);
  phrase.puts(2, "de");
  mot = phrase.get(2); System.out.println(mot);
 }
}
```

```
le
livre
Elargissement du tableau à une taille de 7
de
```

Principe et Utilisation

Propagation de l'exception aux méthodes appelantes

Extension de la surveillance des déclenchements d'exception aux instructions des méthodes appelées

Séparation du déclenchement et du traitement

IdentMethode () throws TypeException {blocM}

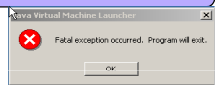
Si déclenchement d'une exception par une instruction de blocM
traitement par le bloc try contenant l'appel à la méthode IdentMethode()

test2TableauDyn.java

Exception déclenchée par la JVM

```
public class test2TableauDyn {
  public static void main(String[] args) {
    TableauDyn phrase = new TableauDyn(2,5);
    String mot;
    phrase.puts(0, "le");
    mot = phrase.get(0); System.out.println(mot);
    phrase.puts(1, "livre");
    mot = phrase.get(1); System.out.println(mot);
    phrase.puts(2, "de");
    mot = phrase.get(2); System.out.println(mot);
    mot = phrase.get(10); System.out.println(mot);
  }
}
```

Erreur et arrêt de l'exécution




```
le
livre
Elargissement du tableau à une taille de 7
de
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 10
at sem16.Tableau.get(Tableau.java:21)
at sem16.Exo3.main(Exo3.java:21)
```


Objectifs du programme TableauDyn2.java

Sécuriser le composant TableauDyn

Contrainte : le composant **`TableauDyn`** existe,
il n'est pas remis en question, on souhaite juste sécuriser son utilisation

Deuxième étape de la sécurisation : lancer une exception
en cas de lecture d'un élément à une position exclue du tableau originel

Solution retenue :

Dans cette étape de sécurisation seule la méthode **`gets`** sera définie. Un **nouveau type d'exception** (utilisateur) sera **créé**. La méthode **`gets`** devra **déclencher une exception** de ce nouveau type si la position de l'élément à lire est exclue du tableau originel

`TableauDyn2` devra étendre **`TableauDyn`** en définissant la méthode **`gets`**

C'est ce tableau dynamique (`TableauDyn2`) qui devra être utilisé pour des accès en lecture (et ecriture) sécurisés

HorsBornes.java

Exception déclenchée par throw (1/3)

Création d'une exception HorsBornes

```
public class HorsBornes extends Exception {
  /**
   * Création d'une nouvelle instance de la classe HorsBorne
   * @param i indice hors bornes
   */
  public HorsBornes(int i) {
     super("Indice " + i + " hors bornes, recommencez...");
  }
}
```

5. PROPAGATION DE L'EXCEPTION – EXEMPLE

Exception déclenchée par throw (2/3)

TableauDyn2.java

```
public class TableauDyn2 extends TableauDyn {
  /** création d'une nouvelle instance de TableauDyn2
   * @param t taille du tableau originel
   * @param pas, pas d'augmentation de taille du tableau
   */
  public TableauDyn2(int t, int pas) { super(t, pas); }

  /** lecture d'un élément du tableau
   * @param i indice du tableau
   * @return élement
   */
  public String gets(int i) throws HorsBornes {
    if ((i>=0) && (i < tab_.length)) return super.get(i);
    else
       throw new HorsBornes(i);
    }
}
```


5. PROPAGATION DE L'EXCEPTION - EXEMPLE

Exception déclenchée par throw (3/3)

testTableauDyn2.java

```
public class testTableauDyn2 {
  public static void main(String[] args) {
    TableauDyn2 phrase = new TableauDyn2(2,5);
    phrase.puts(0, "le"); phrase.puts(1, "livre");
    String mot = null;
    do {
      try {
        mot = phrase.gets(Keyboard.getInt("Indice du mot ? "));
    }
    catch (HorsBornes e){ System.out.println(e.getMessage()); }
    } while (mot == null);
    System.out.println(mot);
  }
}
```

```
Indice du mot ? 32
Indice 32 hors bornes, recommencez...
Indice du mot ? -1
Indice -1 hors bornes, recommencez...
Indice du mot ? 1
livre
```