Java et les bases de données
L 'API JDBC

Patrick Itey
INRIA - Sophia Antipolis
Patrick.Itey@sophia.inria.fr
http://www-sop.inria.fr/acacia/personnel/itey

Le problème de l'accès aux données sans JDBC

- Java est un excellent candidat pour le développement d'applications de bases de données :
  - robuste et sécurisé
  - facile à comprendre
  - automatiquement téléchargeable par le réseau
- mais avant JDBC, il était difficile d'accéder à des bases de données SQL depuis Java :
  - obligé d'utiliser des API natives comme ODBC

Objectifs de JDBC

- Permettre aux programmeurs Java d'écrire un code indépendant de la base de données et du moyen de connectivité utilisé

- Réalisé par l'API JDBC :
  - une interface uniforme permettant un accès homogène aux SGBD
  - simple à mettre en œuvre
  - indépendant de la SGBD cible
  - supportant les fonctionnalités de base du langage SQL

Qu'est ce que JDBC ?

- **J**ava **D**ata**B**ase **C**onnectivity (*Core* API 1.1)

- API Java adaptée à la connexion avec les bases de données relationnelles (SGBDR)

- Fournit un ensemble de classes et d'interfaces permettant l'utilisation sur le réseau d'un ou plusieurs SGBDR à partir d'un programme Java.

Avantages

- Liés a Java :
  - portabilité sur de nombreux O.S. et sur de nombreuses SGBDR (Oracle, Informix, Sybase, ..)
  - uniformité du langage de description des applications, des *applets* et des accès aux bases de données
  - liberté totale vis a vis des constructeurs

L'API JDBC

- Est fournie par le package **`java.sql`**
  - permet de formuler et gérer les requêtes aux bases de données relationnelles
  - supporte le standard « SQL-2 Entry Level »
    - bientôt le niveau supérieur : ANSI SQL-2
  - 8 interfaces définissant les objets nécessaires :
    - à la connexion à une base éloignée
    - et à la création et exécution de requêtes SQL

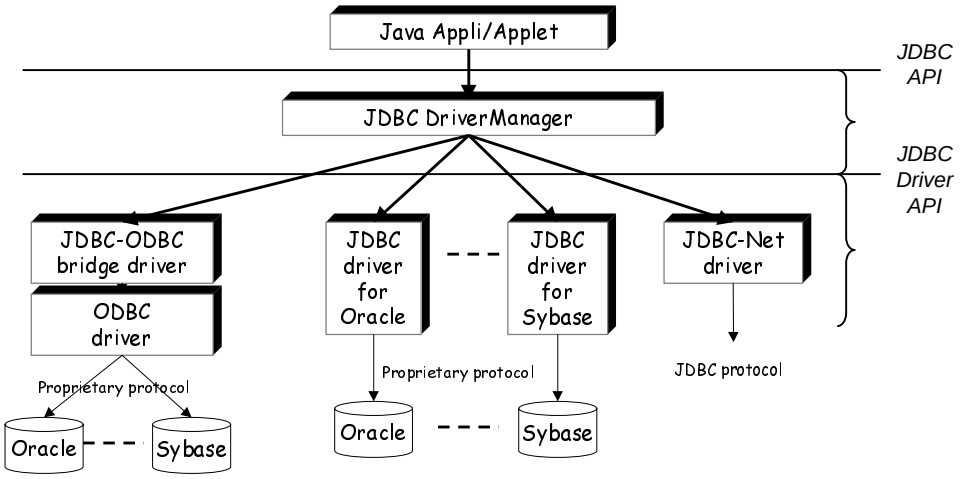
java.sql

- 8 interfaces :
  - **`Statement`**
  - **`CallableStatement, PreparedStatement`**
  - **`DatabaseMetaData, ResultSetMetaData`**
  - **`ResultSet,`**
  - **`Connection`**
  - **`Driver`**

Principe de fonctionnement

- Chaque base de données utilise un pilote (*driver*) qui lui est propre et qui permet de convertir les requêtes JDBC dans le langage natif du SGBDR.
- Ces drivers dits JDBC (un ensemble de classes et d'interfaces Java) existent pour tous les principaux constructeurs :
  - Oracle, Sybase, Informix, DB2, ...

Architecture JDBC



Un modèle à 2 couches

- La couche externe : API JDBC
  - c'est la couche visible et utile pour développer des applications Java accédant à des SGBDR
    - représentée par le package **`java.sql`**
- Les couches inférieures :
  - destinées à faciliter l'implémentation de drivers pour des bases de données
  - représentent une interface entre les accès de bas niveau au moteur du SGBDR et la partie applicative

Drivers JDBC

- 4 types de drivers (taxonomie de JavaSoft) :
  - Type I : JDBC-ODBC *bridge driver*
  - Type II : *Native-API, partly-Java driver*
  - Type III : *Net-protocol, all-Java driver*
  - Type IV : *Native-protocol, all-Java driver*
- Tous les drivers :
  - http://www.javasoft.com/products/jdbc/drivers.html

Driver de type I

- Le driver accède à un SGBDR en passant par les drivers ODBC (standard Microsoft) via un pont JDBC-ODBC :
  - les appels JDBC sont traduits en appels ODBC
    - presque tous les SGBDR sont accessibles (monde Windows)
  - nécessite l'emploi d'une librairie native (code C)
    - ne peut être utilisé par des *applets* (sécurité)
  - est fourni par SUN avec le JDK
    - **`sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver`**

ODBC de Microsoft

- **O**pen **D**ata**B**ase **C**onnectivity
  - permet d'accéder à la plupart des SGBD dans le monde Windows
  - définit un format de communication standard entre les clients Windows et les serveurs de bases de données
  - est devenu un standard de fait du monde Windows
  - tous les constructeurs de SGBD fournissent un driver ODBC

Avantages de ODBC

- Avantages :
  - possibilité d'écrire des applications accédant à des données réparties entre plusieurs sources hétérogènes
    - on développe l'application sans se soucier de la source de données
    - la base de données utilisée côté serveur peut être interchangée sans aucune modification du développement fait dans la partie cliente

Driver de type II

- Driver d'API natif :
  - fait appel à des fonctions natives (non Java) de l 'API du SGBDR
    - gère des appels C/C++ directement avec la base
  - fourni par les éditeurs de SGBD et généralement payant
  - ne convient pas aux *applets* (sécurité)
    - interdiction de charger du code natif dans la mémoire vive de la plate-forme d'exécution

Driver de type III

- Pilote « tout Java » ou « 100% Java »
  - interagit avec une API réseau générique et communique avec une application intermédiaire (*middleware*) sur le serveur
  - le *middleware* accède par un moyen quelconque (par exple JDBC si écrit en Java) aux différents SGBDR
  - portable car entièrement écrit en Java
    - pour *applets* et applications

Driver de type IV

- Driver « 100% Java » mais utilisant le protocole réseau du SGBDR
  - interagit avec la base de données via des *sockets*
  - généralement fourni par l'éditeur
  - aucun problème d'exécution pour une *applet* si le SGBDR est installé au même endroit que le serveur Web
    - sécurité pour l'utilisation des *sockets* : une *applet* ne peut ouvrir une connexion que sur la machine où elle est hébergée

Types de drivers et applets

- Une application Java peut travailler avec <u>tous les types de drivers</u>
- Pour une *applet* (*untrusted*) :
  - type I ou II : impossible
    - une *applet* ne peut pas charger à distance du code natif (non Java) sur son poste d'exécution
  - type III : possible
    - si le serveur *middleware* se situe au même endroit que le serveur Web (car communication par *sockets* avec l'*applet*)
  - type IV : possible
    - si le SGBDR installé au même endroit que le serveur Web

Une alternative : les servlets

- Constitue une autre solution pour accéder à une base de données à travers le Web
- Les *servlets* sont le pendant des *applets* côté serveur :
  - programmes Java travaillant directement avec le serveur Web
  - pas de contraintes de sécurité comme les *applets*
  - peuvent générer des pages HTML contenant les données récupérées grâce à JDBC (par exple)

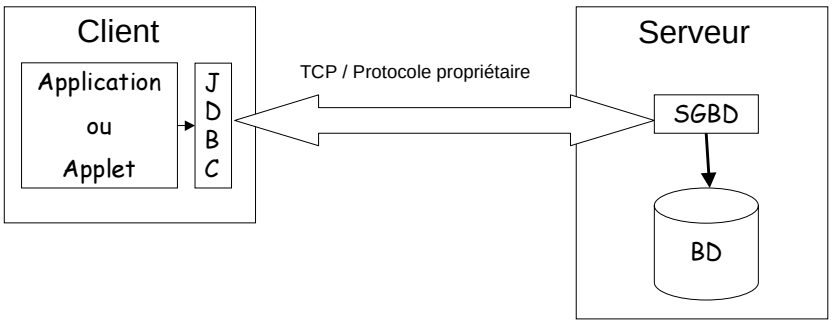
Modèles de connexion en Java

- Modèle 2-tiers : 2 entités interviennent
  - 1. une application Java ou une *applet*
  - 2. le SGBDR
- Modèle 3-tiers : 3 entités interviennent
  - 1. une application Java ou une *applet*
  - 2. un serveur *middleware* installé sur le réseau
  - 3. le SGBDR

Modèle 2-tiers

- Principe :
  - l'application (ou l'*applet*) cliente utilise JDBC pour parler directement avec le SGBD qui gère la base de données
- Avantages :
  - simple à mettre en œuvre
  - bon choix pour des applications clientes peu évoluées, à livrer rapidement et n'exigeant que peu de maintenance
- Inconvénients :
  - dépendance forte entre le client et la structure du SGBDR
    - modification du client si l'environnement serveur change
  - tendance à avoir des clients « graisseux »
    - tout le traitement est du côté client

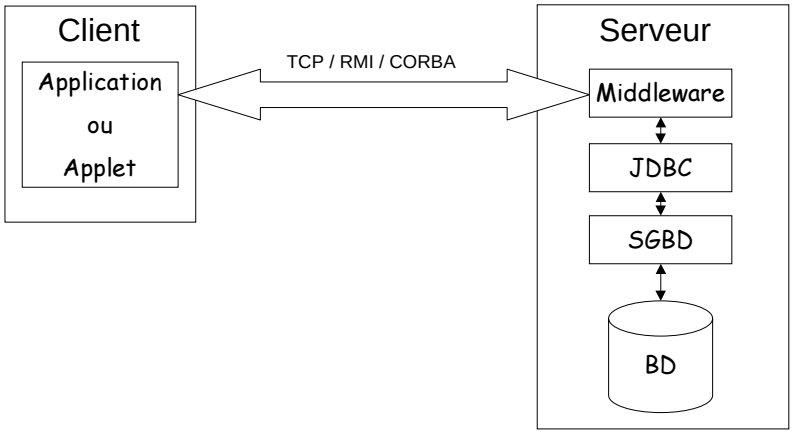
Architecture 2-tiers



Modèle 3-tiers

- Principes :
  - le serveur *middleware* est l'interlocuteur direct du code Java client; c'est lui qui échange des données avec le SGBDR
  - pas forcemment écrit en Java
  - si c'est le cas : utilise souvent JDBC pour accéder au SGBDR
- Avantages:
  - le *middleware* peut ajouter un niveau de sécurité
  - plusieurs supports pour les échanges avec le client :
    - *sockets*, RMI Java, CORBA, …
  - *applets* : le SGBDR peut se trouver sur une autre machine :
    - mais serveur Web et *middleware* au même endroit
  - facilite l'utilisation de clients « légers »

Architecture 3-tiers

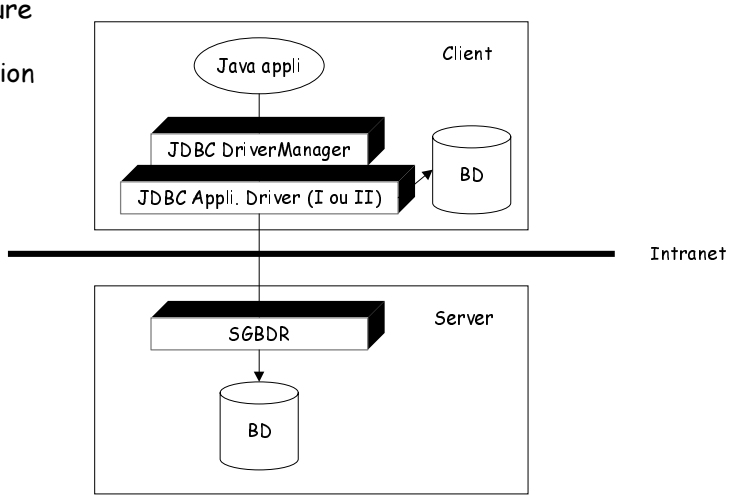


Scénarios d'utilisation

- Scénario 1 :
  - architecture 2-tiers avec une application Java
- Scénario 2 :
  - architecture 2-tiers avec une *applet* Java
- Scénario 3 :
  - architecture 3-tiers et *applet*/application Java

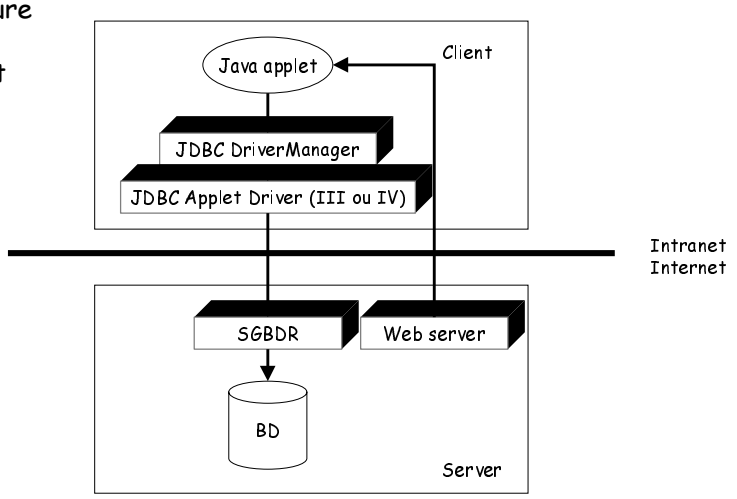
Scénario 1

Architecture
2-tiers
et application



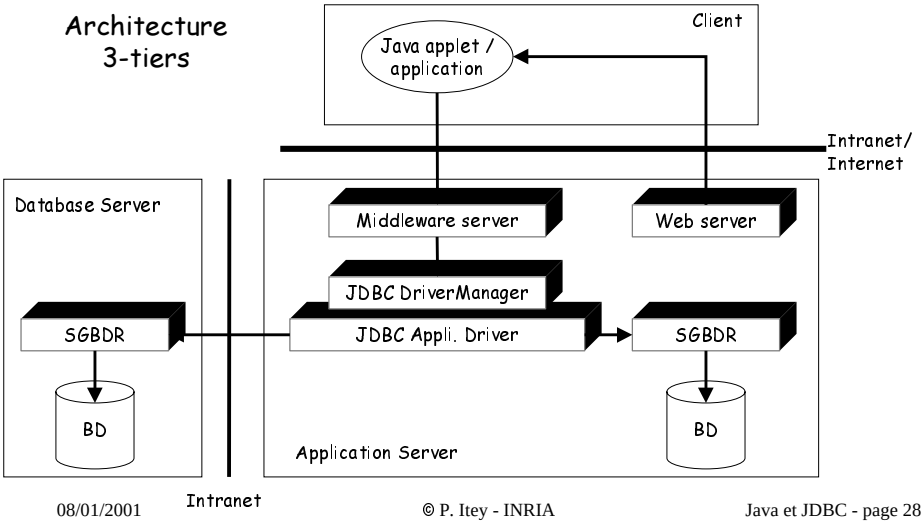
Scénario 2

Architecture
2-tiers
et applet



Scénario 3

Architecture
3-tiers



Mettre en œuvre JDBC

- 0. Importer le package **`java.sql`**
- 1. Enregistrer le driver JDBC
- 2. Etablir la connexion à la base de données
- 3. Créer une zone de description de requête
- 4. Exécuter la requête
- 5. Traiter les données retournées
- 6. Fermer les différents espaces

Enregistrer le driver JDBC

- Méthode **`forName()`** de la classe **`Class`** :

```
Class.forName("sun.jdbc.odbc.JdbcOdbcDriver");
Class.forName("oracle.jdbc.driver.OracleDriver");
```

  - quand une classe **`Driver`** est chargée, elle doit créer une instance d'elle même et s'enregistrer auprès du **`DriverManager`**
  - certains compilateurs refusent cette notation et demandent plutôt :

```
Class.forName("driver_name").newInstance();
```

URL de connexion

- Accès à la base via un URL de la forme :

  jdbc:<sous-protocole>:<nom-BD>;param=valeur, ...

  - qui spécifie :
    - 1) l'utilisation de JDBC
    - 2) le driver ou le type de SGBDR
    - 3) l'identification de la base locale ou distante
      - avec des paramètres de configuration éventuels
        - » nom utilisateur, mot de passe, ...
  - Exemples :

```
String url = "jdbc:odbc:maBase" ;
String url = "jdbc:msql://leo.inria.fr:1114:maBase";
```


Connexion à la base

- Méthode **getConnection()** de **DriverManager**
  - 3 arguments :
    - l'URL de la base de données
    - le nom de l 'utilisateur de la base
    - son mot de passe

```
Connection connexion =
   DriverManager.getConnection(url,user,password);
```

- le **DriverManager** essaye tous les drivers qui se sont enregistrés (chargement en mémoire avec **Class.forName**()) jusqu'à ce qu'il trouve un *driver* qui peut se connecter à la base

Création d'un **`Statement`** (1/2)

- L'objet **`Statement`** possède les méthodes nécessaires pour réaliser les requêtes sur la base associée à la connexion dont il dépend

- 3 types de **`Statement`** :
  - **`Statement`** : requêtes statiques simples
  - **`PreparedStatement`** : requêtes dynamiques pré-compilées (avec paramètres d'entrée/sortie)
  - **`CallableStatement`** : procédures stockées

Création d 'un **`Statement`** (2/2)

- A partir de l'instance de l'objet **`Connection`**, on récupère le **`Statement`** associé :

```
Statement req1 = connexion.createStatement();

PreparedStatement req2 = connexion.prepareStatement(str);

CallableStatement req3 = connexion.prepareCall(str);
```

Exécution d'une requête (1/3)

- 3 types d'exécution :
  - **`executeQuery()`** : pour les requêtes (SELECT) qui retournent un **`ResultSet`** (tuples résultants)
  - **`executeUpdate()`** : pour les requêtes (INSERT, UPDATE, DELETE, CREATE TABLE, DROP TABLE) qui retournent un entier (nombre de tuples traités)
  - **`execute()`** : procédures stockées (cas rares)

Exécution d'une requête (2/3)

- **`executeQuery()`** et **`executeUpdate()`** de la classe **`Statement`** prennent comme argument une chaîne (**`String`**) indiquant la requête SQL à exécuter :

```
Statement st = connexion.createStatement();
ResultSet rs = st.executeQuery(
   "SELECT nom, prenom FROM clients " +
   "WHERE nom='itey ' ORDER BY prenom");
int nb = st.executeUpdate("INSERT INTO dept(DEPT) " +
                          "VALUES(06)");
```

Exécution d 'une requête (3/3)

- 2 remarques :
  - le code SQL n'est pas interprété par Java.
    - c'est le pilote associé à la connexion (et au final par le moteur de la base de données) qui interprète la requête SQL
    - si une requête ne peut s'exécuter ou qu'une erreur de syntaxe SQL a été détectée, l'exception **`SQLException`** est levée
  - le driver JDBC effectue d'abord un accès à la base pour découvrir les types des colonnes impliquées dans la requête puis un 2ème pour l'exécuter..

Traiter les données retournées

- L 'objet **`ResultSet`** (retourné par l'exécution de **`executeQuery()`**) permet d'accéder aux champs des tuples sélectionnés
  - seules les données demandées sont transférées en mémoire par le driver JDBC
    - il faut donc les lire "manuellement" et les stocker dans des variables pour un usage ultérieur

Le résultat : **`ResultSet`** (1/4)

- JDBC 1.x : Il se parcourt itérativement ligne par ligne
  - par la méthode **`next()`**
    - retourne **`false`** si dernier tuple lu, **`true`** sinon
    - chaque appel fait avancer le curseur sur le tuple suivant
    - initialement, le curseur est positionné avant le premier tuple
      - exécuter next() au moins une fois pour avoir le premier

```
while(rs.next()) {// Traitement de chaque tuple}
```

  - impossible de revenir au tuple précédent ou de parcourir l'ensemble dans un ordre aléatoire

Le résultat : **`ResultSet`** (2/4)

- Avec le JDBC 2.0 :
  - on peut parcourir le **`ResultSet`** d'avant en arrière :
    - next() vs. previous()
  - en déplacement absolu : aller à la n-ième ligne
    - absolute(int row), first(), last(), ...
  - en déplacement relatif : aller à la n-ième ligne à partir de la position courante du curseur, … :
    - relative(int row), afterLast(), beforeFirst(), ...

Le résultat : **ResultSet (3/4)**

- Les colonnes sont référencées par leur numéro (commencent à 1) ou par leur nom
- L'accès aux valeurs des colonnes se fait par les méthodes de la forme **getXXX()**
  - lecture du type de données XXX dans chaque colonne du tuple courant

```
int val = rs.getInt(3) ; // accès à la 3e colonne
String prod = rs.getString("PRODUIT") ;
```


Le résultat : **ResultSet (4/4)**

```
Statement st = connexion.createStatement();
ResultSet rs = st.executeQuery(
  "SELECT a, b, c, FROM Table1 "
);

while(rs.next()) {
  int i = rs.getInt("a");
  String s = rs.getString("b");
  byte[] b = rs.getBytes("c");
}
```

Types de données JDBC

- Le *driver* JDBC traduit le type JDBC retourné par le SGBD en un type Java correspondant
  - le XXX de **`getXXX()`** est le nom du type Java correspondant au type JDBC attendu
  - chaque driver a des correspondances entre les types SQL du SGBD et les types JDBC
  - le programmeur est responsable du choix de ces méthodes
    - **`SQLException`** générée si mauvais choix

Correspondance des types

Type JDBC	Type Java
CHAR, VARCHAR , LONGVARCHAR	String
NUMERIC, DECIMAL	java.math.BigDecimal
BINARY, VARBINARY, LONGVARBINARY	byte[]
BIT	boolean
INTEGER	int
BIGINT	long
REAL	float
DOUBLE, FLOAT	double
DATE	java.sql.Date
TIME	java.sql.Time
….	…..

Cas des valeurs nulles

- Pour repérer les valeurs NULL de la base :
  - utiliser la méthode **`wasNull()`** de **`ResultSet`**
    - renvoie **`true`** si l'on vient de lire un NULL, **`false`** sinon
  - les méthodes **`getXXX()`** de **`ResultSet`** convertissent une valeur NULL SQL en une valeur acceptable par le type d'objet demandé :
    - les méthodes retournant un objet (**`getString()`**, **`getDate(),...`**) retournent un "**`null`** " Java
    - les méthodes numériques (**`getByte()`** , **`getInt()`** , etc) retournent "**`0`**"
    - **`getBoolean()`** retourne " **`false`** "

Fermer les différents espaces

- Pour terminer proprement un traitement, il faut fermer les différents espaces ouverts
  - sinon le *garbage collector* s'en occupera mais moins efficace
- Chaque objet possède une méthode **`close()`** :

```
resultset.close();
statement.close();
connection.close();
```

Accès aux méta-données

- La méthode **`getMetaData`**() permet d'obtenir des informations sur les types de données du **`ResultSet`**
  - elle renvoie des **`ResultSetMetaData`**
  - on peut connaître entre autres :
    - le nombre de colonne : **`getColumnCount()`**
    - le nom d'une colonne : **`getColumnName(int col)`**
    - le nom de la table : **`getTableName(int col)`**
    - si un NULL SQL peut être stocké dans une colonne : **`isNullable()`**

ResultSetMetaData

```
ResultSet rs = stmt.executeQuery("SELECT * FROM emp");
ResultSetMetaData rsmd = rs.getMetatData();

int nbColonnes = rsmd.getColumnCount();
for(int i = 1; i <= nbColonnes; i++) {
   // colonnes numerotées à partir de 1 (et non 0)
   String nomCol = rsmd.getColumnName(i);
}
```

DatabaseMetaData

- Pour récupérer des informations sur la base de données elle-même, utiliser la méthode **`getMetaData()`** de l 'objet **`Connection`**
  - dépend du SGBD avec lequel on travaille
  - elle renvoie des **`DatabaseMetaData`**
  - on peut connaître entre autres :
    - les tables de la base : **`getTables()`**
    - le nom de l 'utilisateur : **`getUserName()`**
    - **`...`**

Requêtes pré-compilées

- L'objet **`PreparedStatement`** envoie une requête sans paramètres à la base de données pour pré-compilation et spécifiera le moment voulu la valeur des paramètres
  - plus rapide qu'un **`Statement`** classique
    - le SGBD n 'analyse qu'une seule fois la requête (recherche d'une stratégie d'exécution adéquate)
    - pour de nombreuses exécutions d'une même requête SQL avec des paramètres variables
  - tous les SGBD n'acceptent pas les requêtes pré-compilées

Création d 'une requête pré-compilée

- La méthode **prepareStatement()** de l'objet **Connection** crée un **PreparedStatement** :

```
PreparedStatement ps = c.prepareStatement("SELECT * FROM Clients "
                                          + "WHERE name = ? ");
```

  - les arguments dynamiques sont spécifiés par un "?"
  - ils sont ensuite positionnés par les méthodes **setInt()** , **setString()** , **setDate()** , … de **PreparedStatement**
  - **setNull()** positionne le paramètre à NULL (SQL)
  - ces méthodes nécessitent 2 arguments :
    - le premier (int) indique le numéro relatif de l'argument dans la requête
    - le second indique la valeur à positionner

Exécution d'une requête pré-compilée

```
PreparedStatement ps = c.prepareStatement(
   "UPDATE emp SET sal = ? WHERE name = ?");
int count;
for(int i = 0; i < 10; i++) {
   ps.setFloat(1, salary[i]);
   ps.setString(2, name[i]);
   count = ps.executeUpdate();
}
```

Validation de transaction : Commit

- Utiliser pour valider tout un groupe de transactions à la fois
- Par défaut : mode auto-commit
  - un "commit " est effectué automatiquement après chaque ordre SQL
- Pour repasser en mode manuel :

```
connexion.setAutoCommit(false);
```

- L'application doit alors envoyer à la base un "commit" pour rendre permanent tous les changements occasionnés par la transaction :

```
connexion.commit();
```


Annulation de transaction : Rollback

- De même, pour annuler une transaction (ensemble de requêtes SQL), l'application peut envoyer à la base un "rollback" par :

```
connexion.rollback();
```

  - restauration de l'état de la base après le dernier "commit"

Exceptions

- **`SQLException`** est levée dès qu'une connexion ou un ordre SQL ne se passe pas correctement
  - la méthode **`getMessage()`** donne le message en clair de l'erreur
  - renvoie aussi des informations spécifiques au gestionnaire de la base comme :
    - **`SQLState`**
    - code d'erreur fabricant
- **`SQLWarning`** : avertissements SQL

JDBC et Oracle 8

```
ORACLE_HOME = …
CLASSPATH=$CLASSPATH:$ORACLE_HOME/jdbc/lib/classes111.zip

import java.sql.*;

Class.forName("oracle.jdbc.driver.OracleDriver");
static final url = "jdbc:oracle:thin:@erato:1521:MINFO";
conn = DiverManager.getConnection(url, "itey", "mdpitey");
```

JDBC et les mécanismes de sécurité Java

- Rappel : avec le JDK 1.0, une *applet* ne peut pas charger un driver natif (I ou II) pour accéder à une base de données distante
  - pour y remédier: drivers III ou IV et modèle 3-tiers
- Avec le JDK 1.1 : API de sécurité
  - une *applet* peut, sous certaines conditions de signature, accéder à un driver natif
  - et se connecter directement au serveur du SGBD
    - dans Netscape : *capabilities classes*

Conclusions (1/2)

- Conclusions sur l 'API JDBC :
  - jeu unique d'interfaces pour un accès homogène
    - cache au maximum les diverses syntaxes SQL des SGBD
  - API de bas niveau
    - nécessaire de connaître la syntaxe SQL
  - le principe des *drivers* permet au développeur d'ignorer les détails techniques liés aux différents moyens d'accès aux BDs
    - une convention de nommage basée sur les URL est utilisée pour localiser le bon pilote et lui passer des informations

Conclusions (2/2)

- Tous les grands éditeurs de bases de données et les sociétés spécialisées proposent un *driver* JDBC pour leurs produits
- Le succès de JDBC se voit par le nombre croissant d'outils de développement graphiques permettant le développement RAD d'applications client-serveur en Java

Les dernières versions de JDBC

- Actuellement :
  - API JDBC 2.0 (inclus dans la version Java 2)
    - software :
      - http://java.sun.com/products/jdbc/jdbcse2.html
    - documentation :
      - http://java.sun.com/products/jdbc/
    - sur les drivers JDBC :
      - http://java.sun.com/products/jdbc/jdbc.drivers.html

Evolutions prévues

- 3 évolutions importantes prévues :
  - spécification de J/SQL par Oracle, Tandem, IBM et JavaSoft destinée à :
    - faciliter l'accès aux schémas des BDs, augmenter les performances et améliorer les développements
  - spécification de Java Binding ODMG (accès aux BDs objets) par l 'OMG (Object Management Group)
  - JavaSoft prépare Jblend :
    - ensemble d'outils pour effectuer un mapping bidirectionnel: entre objet et base relationnelle

WEB et bases de données

- Architecture nécessaire pour diffuser des informations sur le WEB :
  - côté client :
    - un simple navigateur WEB
  - côté serveur :
    - un serveur WEB (http)
      - pour gérer les connexions extérieures
    - un serveur de bases de données (SGBD)
      - pour gérer le système d'information
    - et une API (CGI, scripting, Applets ou Servlets)
      - pour relier la base de données au WEB

CGI

- Principe :
  - un processus par requête est lancé sur le serveur
  - renvoie du HTML
- Avantages :
  - gratuit
  - peut être écrit dans n'importe quel langage
- Inconvénients :
  - lent
  - difficile à développer
  - appels natifs à des procédures du SGBD

Scripting

- Principe :
  - script propre au constructeur intégré dans des pages HTML
  - renvoie du HTML
- Avantages :
  - clair
  - facile à développer
- Inconvénients :
  - payant (cher)
  - lié à un constructeur
  - langage propre au SGBD et au serveur WEB

Applets

- Principe :
  - code Java exécuté sur le poste client
  - entièrement développé en Java (AWT ou Swing)
- Avantages :
  - gratuit, pas de code HTML
  - permet de gérer des applications complexes
  - portable (JDBC)
  - indépendant des plate-formes matérielles et logicielles
- Inconvénients :
  - lent à charger
  - les serveurs WEB et SGBD doivent être sur la même machine

Servlets

- Principe :
  - code Java exécuté sur le serveur
  - renvoie du HTML
- Avantages :
  - gratuit
  - portable (JDBC)
  - indépendant des plate-formes matérielles et logicielles
  - rapide
  - facile à développer
- Inconvénients :
  - limité à HTML

L'avenir sur le WEB

- Les CGI sont dépassés
  - trop lents
  - trop difficile de conserver les données d 'une requête à l 'autre
- Le Scripting est entièrement lié à un serveur WEB et à un SGBD

❑ La solution Java est la solution d'avenir avec

- les applets
  - pour les applications clientes gourmandes en temps de calcul
- et les servlets
  - pour la génération dynamique de pages HTML

Les Travaux dirigés

Les TDs

http://www.inria.fr/acacia/personnel/itey/Francais/Cours/Tds/
cours : http://www.inria.fr/acacia/personnel/itey/Francais/Cours/

- TD numéro 0 :
  - une application Java autonome accédant à une base de données distante sur le réseau : architecture 2-tiers

TD Numéro 0