Non correspondance des modèles objet et relationnel

- **Définition de l'*Impedance mismatch***
- **Exemple simple de correspondance**
- **Identification des objets**
- **Traduction des associations**
- **Traduction de l'héritage**
- **Objet dépendant**
- **Navigation dans le graphe d'objets (types et stratégies de chargement)**

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Bibliographie pour le mapping Objet/relationnel (1/2)

- [BK07] ***Java Persistence with Hibernate, Revised Edition of Hibernate in Action***, de Christian Bauer and Gavin King, Manning Publications, 2007 – nouvelle édition en nov. 2015.

- ***Hibernate Recipes 2015 : A Problem-Solution Approach***, de Gary Mak Srinivas Guruzu , et Joseph Ottinger, 2nd Revised edition, Springer-Verlag 2015

- [Fow03] ***Patterns of Entreprise Application Architecture***, de Martin Fowler, Addison Wesley, 2003

- ***Mapping Objects to Relational Databases: O/R Mapping In Detail*, de Scott W. Ambler, 2006**
  http://www.agiledata.org/essays/mappingObjects.html

- [Fus97] ***Foundations of Object-Relational Mapping*, de Mark L. Fussell, 1997**
  http://markfussell.emenar.com/blog/object-relational/

Bibliographie pour le mapping Objet/relationnel (2/2)

- *Data Mapper* - Martin Fowler
  https://www.martinfowler.com/eaaCatalog/dataMapper.html

- Eclipse JNoSQL : une implémentation de référence de Jakarta NoSQL
  https://www.programmez.com/actualites/eclipse-jnosql-une-implementation-de-reference-de-jakarta-nosql-29541

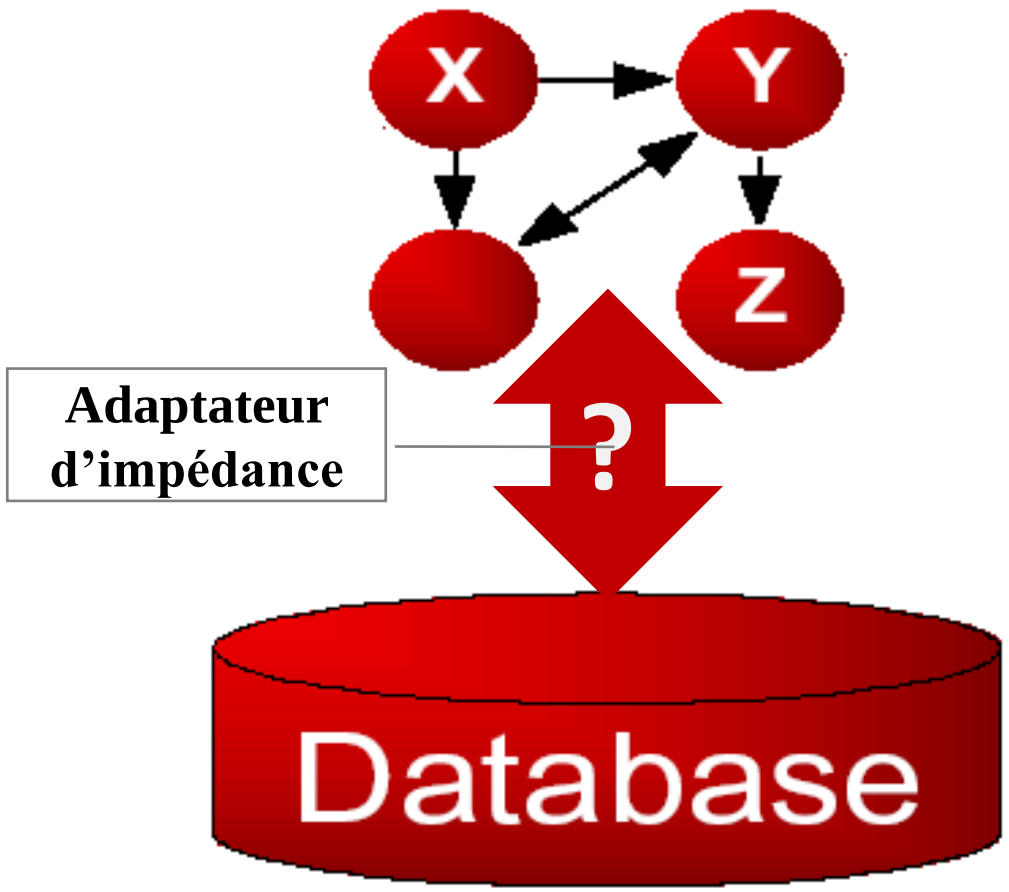
- *What is JPA? Introduction to the Java Persistence API*
  https://www.javaworld.com/article/3379043/what-is-jpa-introduction-to-the-java-persistence-api.html

- *Eclipse JNoSQL: One API to many NoSQL databases*
  https://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2018/april/jnosql.php

- Object-DB Mappers : site avec des liens vers les différents outils de mapping SQL et NoSQL
  https://people.cs.kuleuven.be/~dimitri.vanlanduyt/ondm-survey/#surveyresults

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Défaut d'impédance (d'*Impedance mismatch)*



Propriétés à conserver :

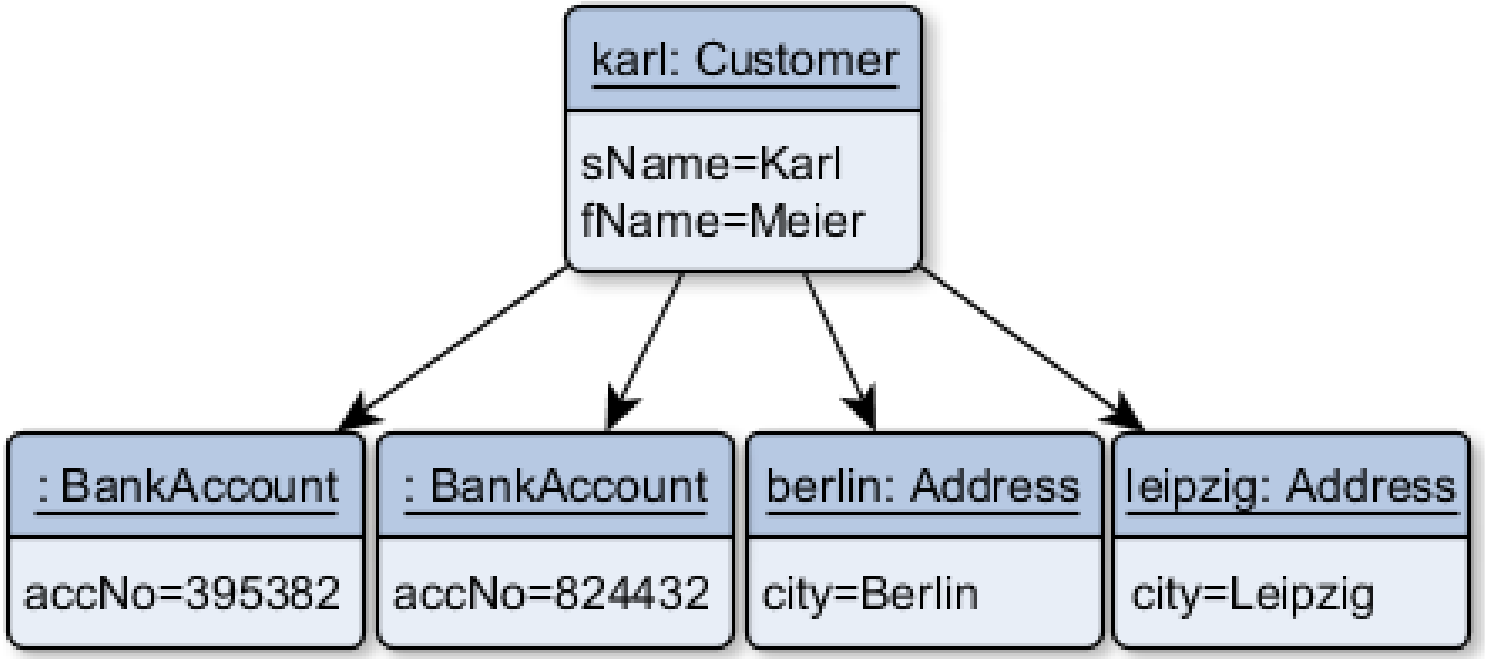
- Objets complexes
- Identification des objets
- Encapsulation
- Classes
- Hiérarchie de classes
- Polymorphisme
- Navigation dans le graphe d'objets
- Cache objet

Propriétés à ajouter :

- Persistance
- Interrogation
- Gestion de la concurrence
- Sécurité et reprise après panne
- Gestion de la mémoire secondaire

Défaut d'impédance : exemple

Object-Oriented Data Model



Relational Data Model

Customers		
ID	SName	FName
1	Karl	Meier

Addresses		
ID	City	CID
1	Berlin	1
2	Leipzig	1

BankAccounts		
ID	AccNo	CID
1	395382	1
2	824432	1

Non correspondance des modèles objet et relationnel : quels problèmes ?

Impedance mismatch

- Entrée : modèle objet
- Sortie : modèle relationnel
- Problèmes de correspondance :
  - Identification des objets
  - Traduction des associations
  - Traduction de l'héritage
  - Navigation entre les objets
  - Objets dépendants

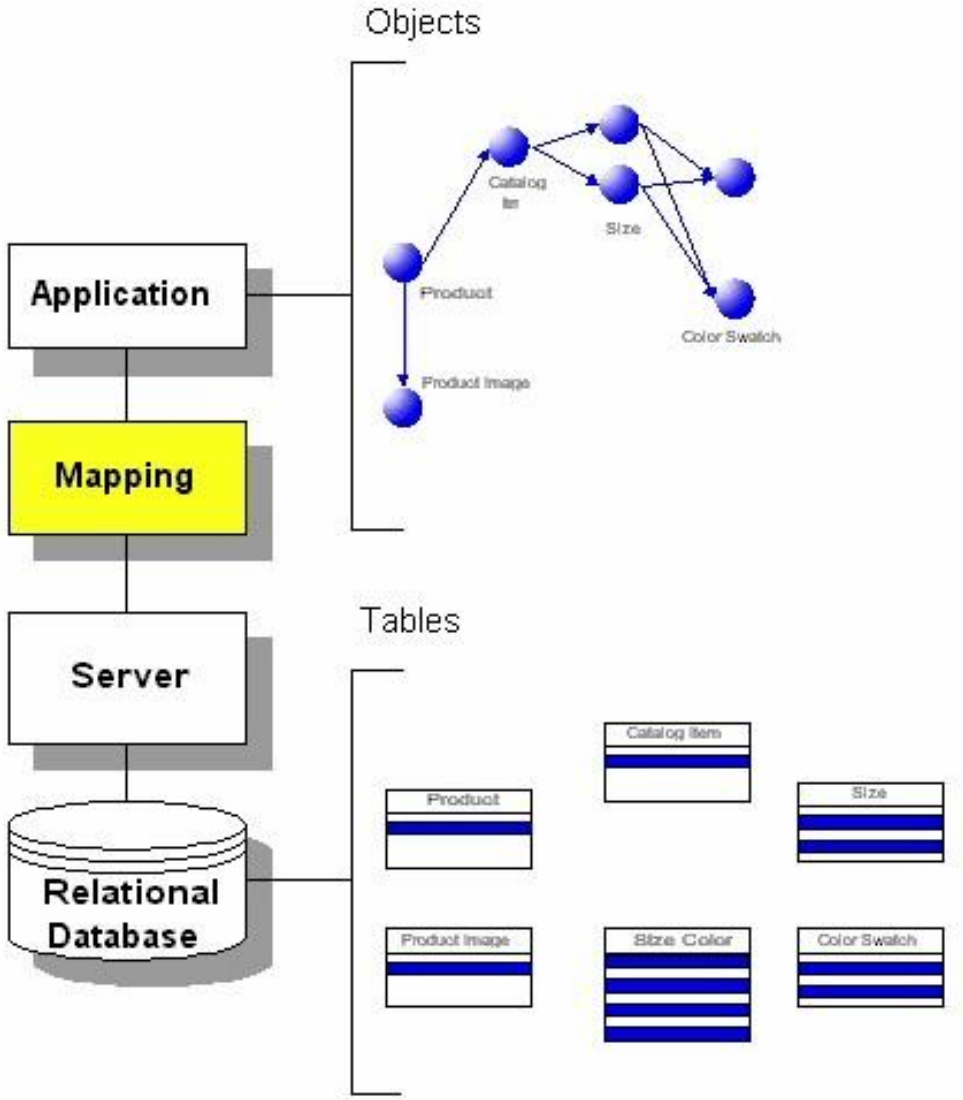


Figure reprise de http://www.service-architecture.com/object-oriented-databases/articles/impedance_mismatch.html

ORM : *Object/Relational Mapping*

- **Persistance automatisée et « transparente » d'objets métiers vers une bases de données relationnelles** [BK05]
- Description à l'aide de **métadonnées** de la **transformation <u>réversible</u>** entre un modèle relationnel et un modèle de classes [BK05]
- Capacité à manipuler des données stockées dans une base de données relationnelles à l'aide d'un langage de programmation orientée-objet
- Techniques de programmation permettant de lier les bases de données relationnelles aux concepts de la programmation OO pour créer une "base de données orientées-objet virtuelle" [Wikipedia]

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

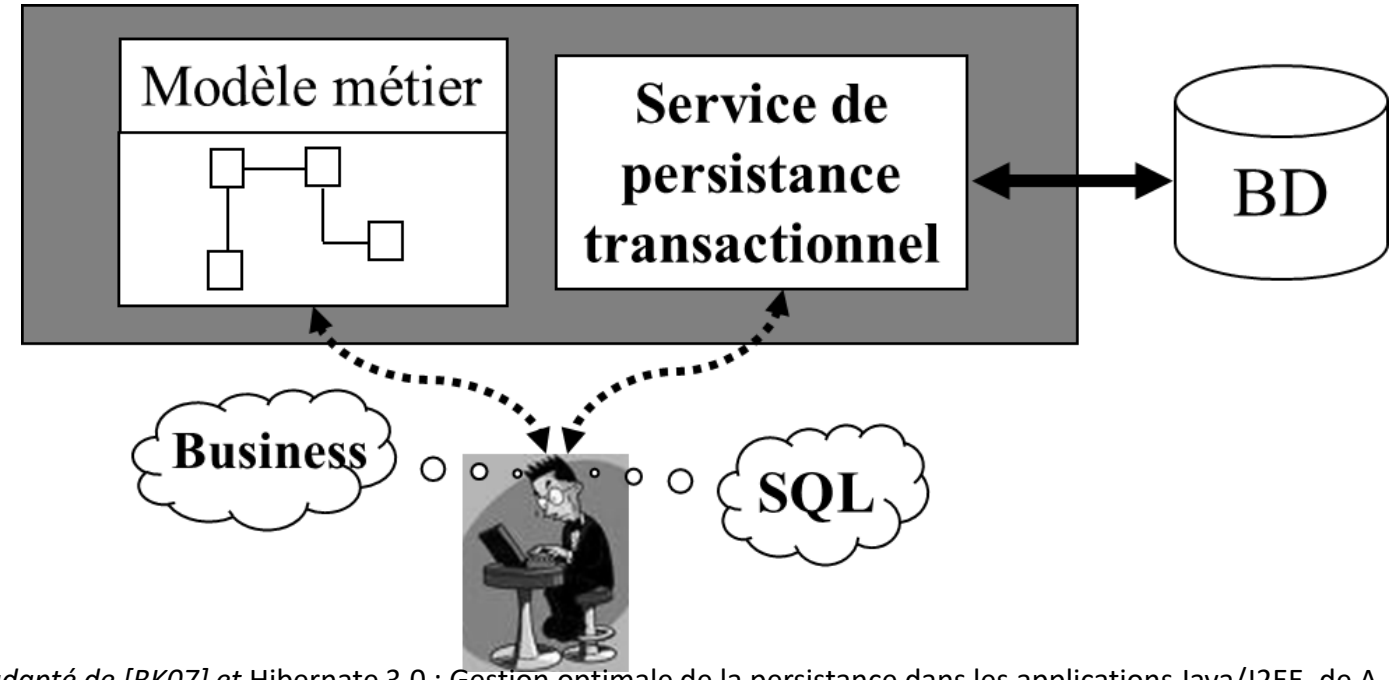
Couche d’accès au données
Couche de persistance

- Prise en charge de toutes les interactions entre l’application et la base de données
- Groupes de classes et de composants chargés du stockage et de la récupération des données [BK05]
- Possibilité de servir de cache pour les objets récupérés dans la base de données pour améliorer les performances
- Inclus un modèle (de métadonnées) des entités du domaine métier

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Couche de persistance : à la charge du développeur (1/3)

- Possibilité de programmer manuellement une couche de persistance avec SQL/JDBC (*Java DataBase Connectivity*)
- Possibilité de masquer le JDBC complexe et le SQL non portable à la logique métier par un modèle de conception (ex. *active record*)



Couche de persistance : à la charge du développeur (2/3)

2 niveaux de qualité [Fus97] :

- **Relationnel pur** :
  - Application entièrement conçue autour du modèle relationnel et des opérations relationnelles réalisées en SQL
  - Modèle utilisé dans le cas d'applications simples, sans nécessité de réutilisation de code
  - Utilisation d'*Embedded SQL* ou *SQLJ* et de procédures stockées ⇒ décharge d'une partie du travail de la couche métier vers la base de données

  ☹ **Manque de portabilité et de maintenance à long terme**

- **Correspondance objet légère (*Light Object Mapping*)** :
  - Correspondance codée manuellement entre les classes et les relations de la base de données
  - Masquage du SQL/JDBC programmé manuellement par l'utilisation de modèles de conception (*design pattern*) connu – ex. *active record*
  - Utilisée pour des applications ayant un petit nombre d'entités
  - Utilisation de procédures stockées

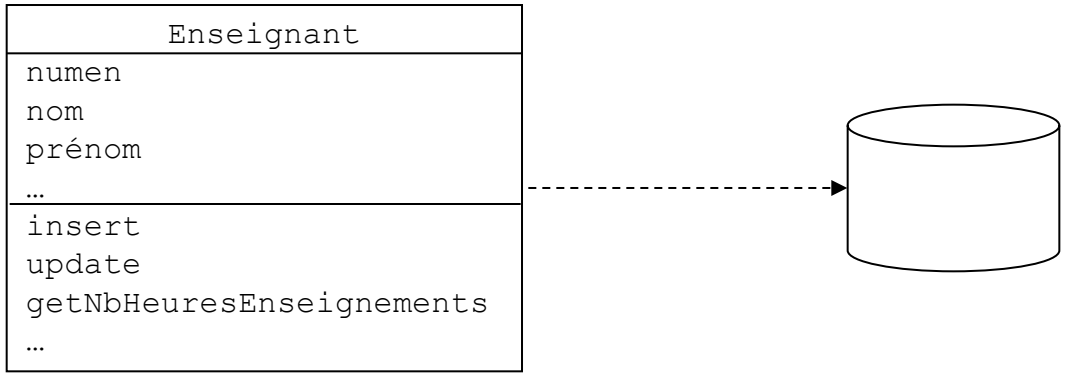
  ☹ **Couplage trop fort entre les classes métiers et le support de persistance utilisé**

Couche de persistance : à la charge du développeur (3/3)

Active record **(motif/patron de conception –** ***design pattern*****)** :

- « *An object that wraps a row in a database table or view, encapsulates the database access, and adds domain logic on that data* »
- Partie "Modèle" de l'architecture "Modèle Vue Contrôleur"
- Correspondance de chaque relation de la base avec la définition d'une classe : chaque colonne de la relation = une propriété de la classe
- Correspondance de chaque nuplet de la relation avec une instance de la classe correspondante :

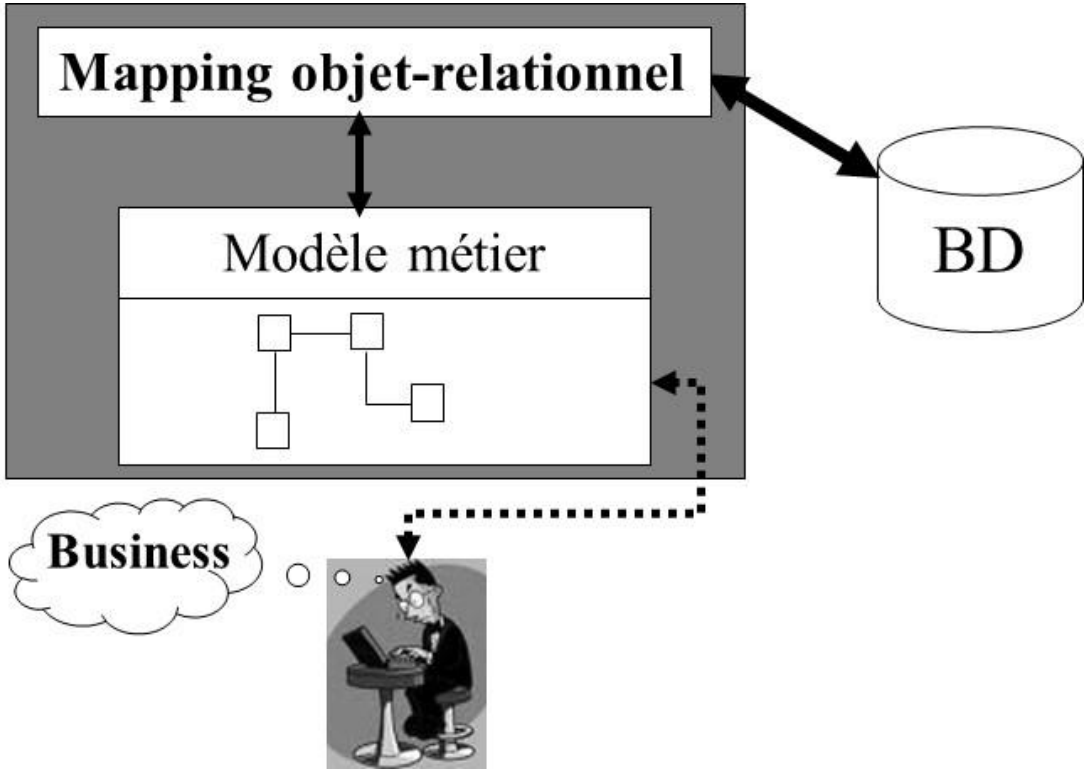
  création d'un nouvel objet ⇒ insertion d'un nouvel nuplet dans la relation
- Méthodes statiques de classes agissant sur l'ensemble des nuplets
- Requêtes CRUD (*Create*, *Read*, *Update*, *Delete*) pouvant être générées automatiquement



Couche de persistance : avec correspondance objet/relationnel (1/4)

- Utilisation de la couche de persistance comme un service rendant abstraite la représentation relationnelle indispensable au stockage final des objets
- Concentration du développeur sur les problématiques métier

Stratégie de persistance « transparente »



©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine – *repris et adapté de [BK07] et* Hibernate 3.0 : Gestion optimale de la persistance dans les applications Java/J2EE, de A. Patricio, Eyrolles, 2005

Couche de persistance : avec correspondance objet/relationnel (2/4)

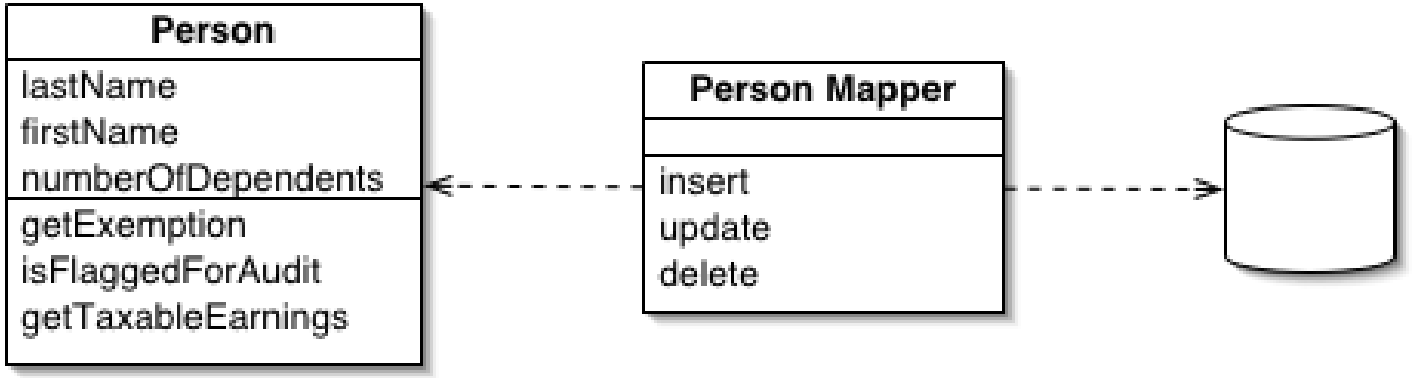
2 niveaux de qualité [Fus97] :

- **Correspondance objet moyenne (*Medium Object Mapping*)** :
  - Application conçue autour d'un modèle objet
  - SQL généré à la compilation par un outil de génération de code ou à l'exécution par le code de l'outil de correspondance (*mapping framework*)
  - Objets mis en cache par la couche de persistance
  - Pour des applications de taille moyenne incluant des transactions complexes
  - *Ex. EJB1.x/2.x Entity Beans*
- **Correspondance objet complète (*Full Object Mapping*)** :
  - Prise en compte de toutes les propriétés objets : composition, héritage, polymorphisme, persistance par accessibilité
  - Persistance *presque* transparente pour le développeur
  - Pas d'héritage d'une classe de base par les classes persistantes, ni d'interface spéciale
  - Stratégie d'extraction efficace (précoce ou tardive) et stratégies de mise en cache implémentées de manière transparente
  - *Ex. JPA 2.2 (Java Persistence API) in Jakarta EE*

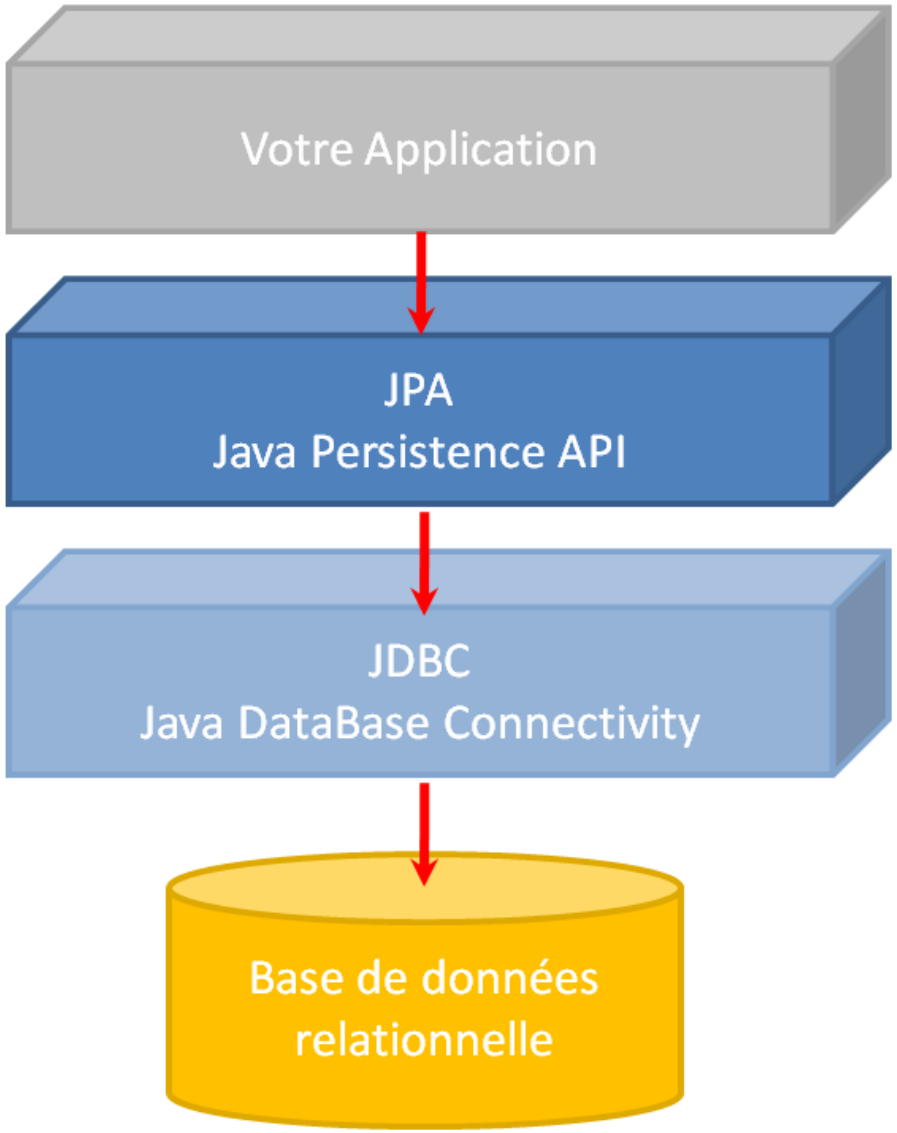
Couche de persistance : avec correspondance objet/relationnel (3/4)

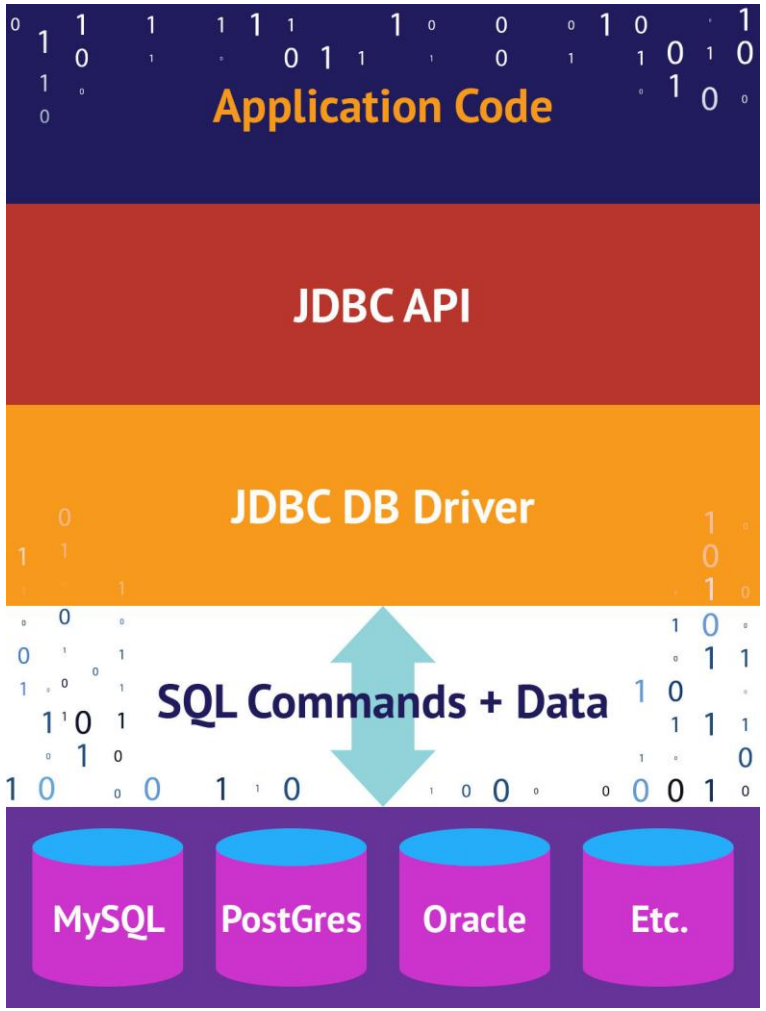
***Data Mapper* ou DAO (*Data Access Object*)** :

- « *A layer of Mappers that moves data between objects and a database while keeping them independent of each other and the mapper itself.*»
- Requêtes CRUD (*Create*, *Read*, *Update*, *Delete*) pouvant être générées automatiquement
- Différence entre un DAO et un active record : « Les objets manipulant les données n'ont pas accès au code permettant de sauvegarder ces données dans la base »
- Utilité :
  - Faciliter la modification du modèle de base de données
  - Factoriser le code d'accès aux données
  - Faciliter l'optimisation des accès à la base en les regroupant au sein d'objets particuliers



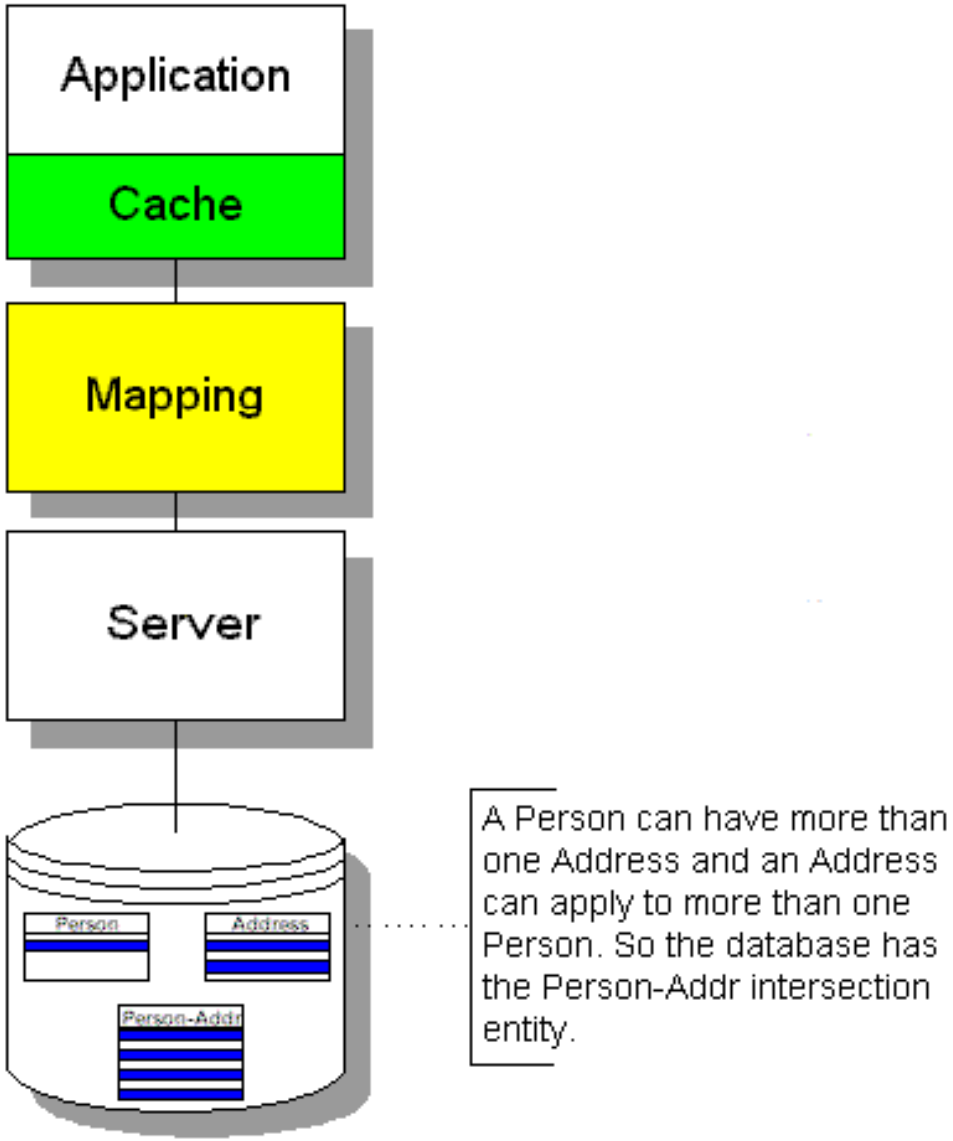
Couche de persistance : avec correspondance objet/relationnel (4/4)





Exemple de correspondance Objet/relationnel (1/15)

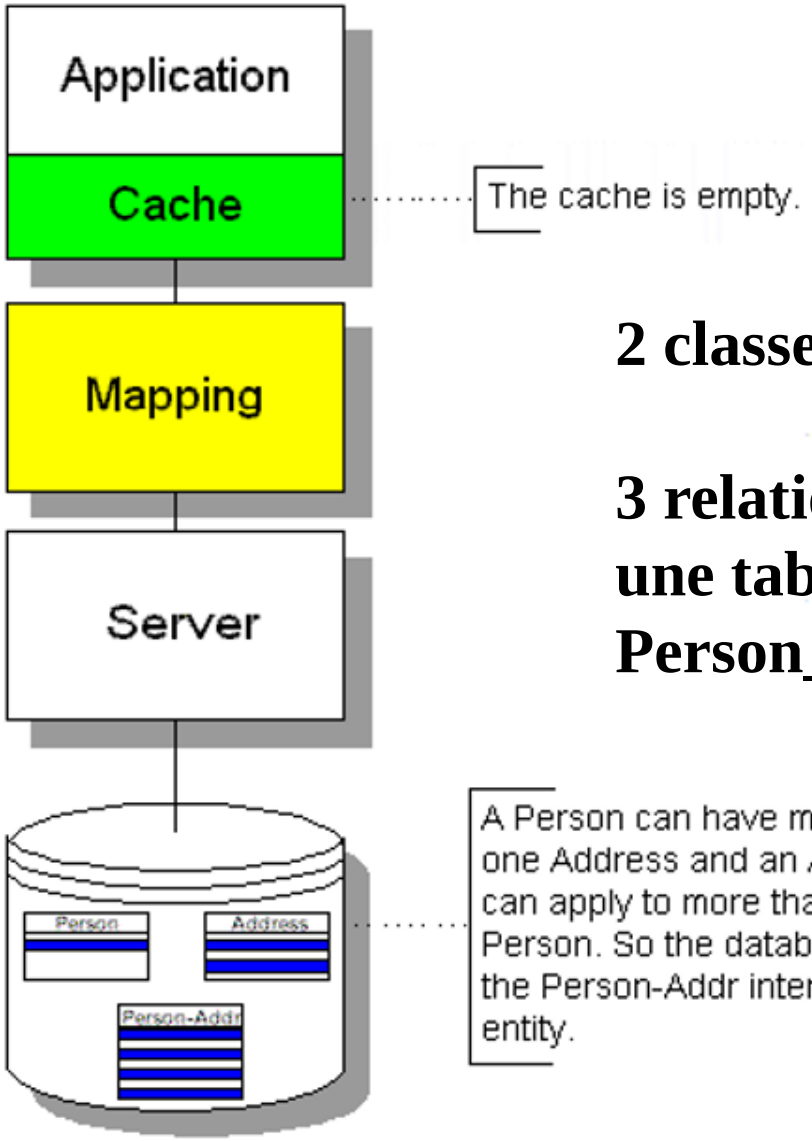
Persistance *presque* transparente



Repris de http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente



2 classes : Person et Address

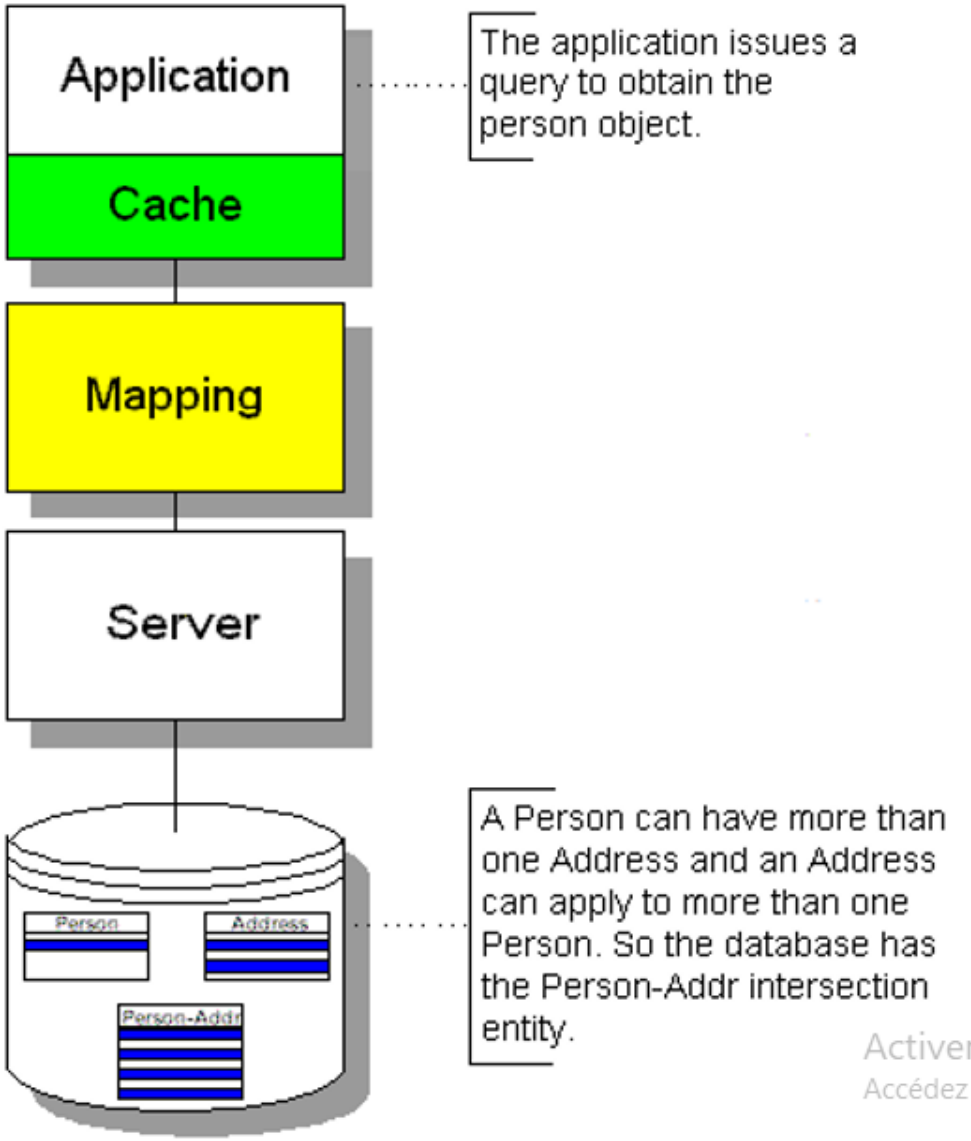
3 relations : Person, Address et une table-association Person_Address

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

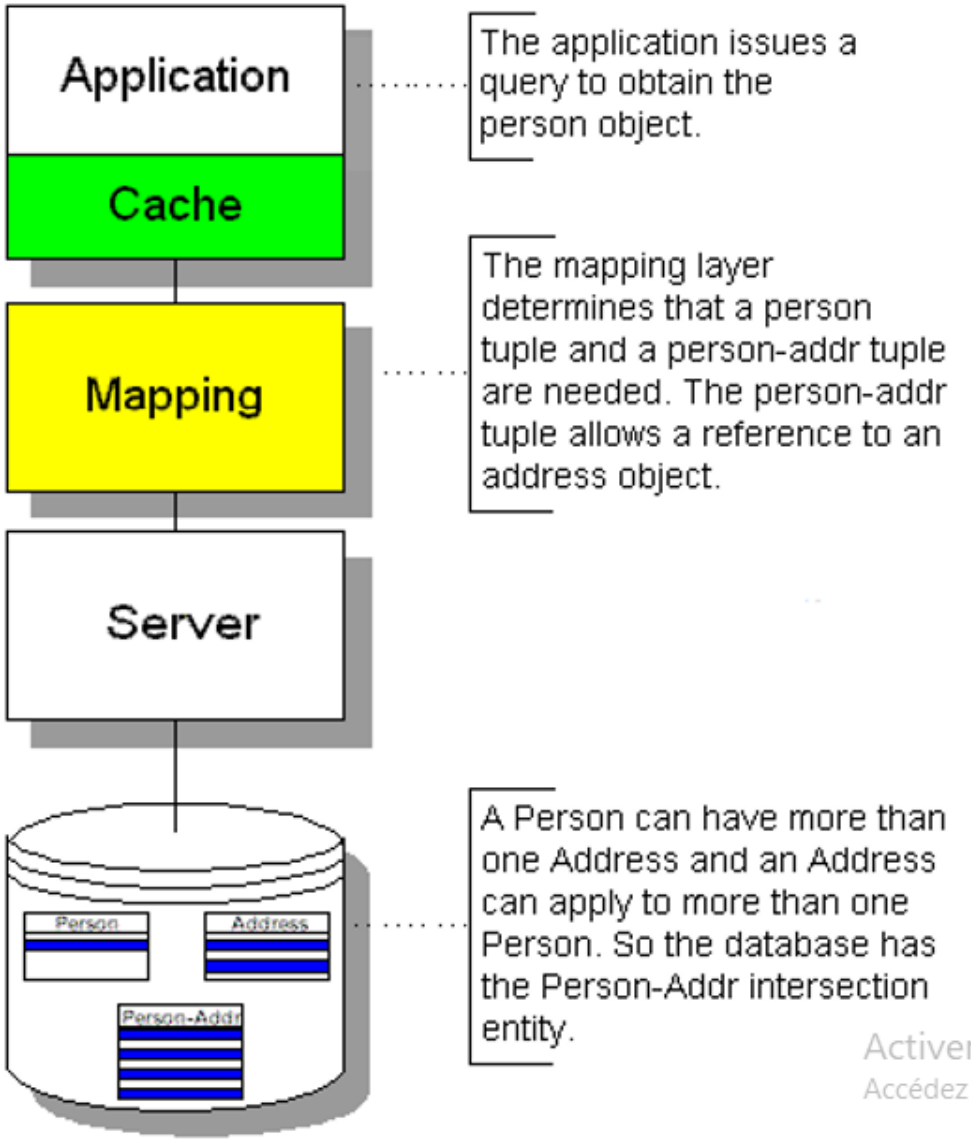


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

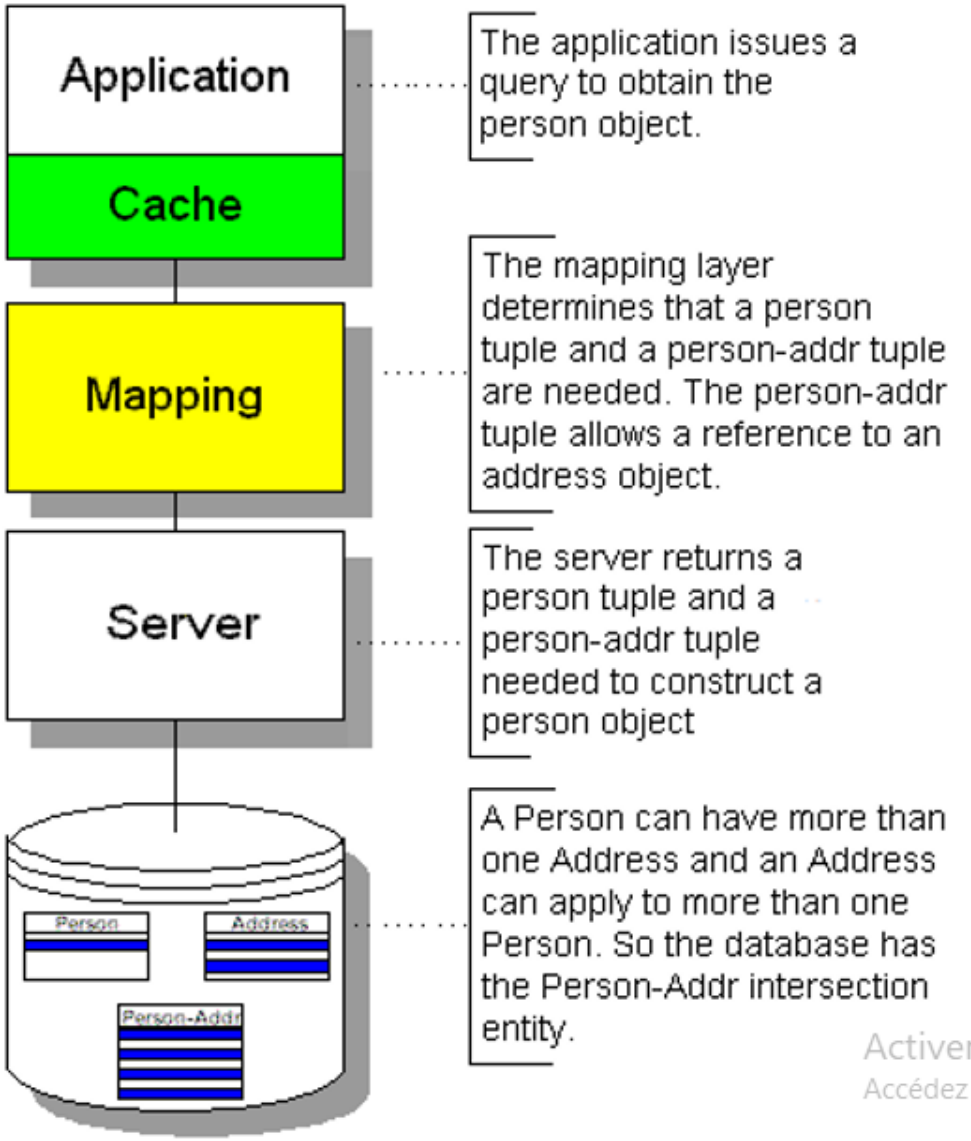


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

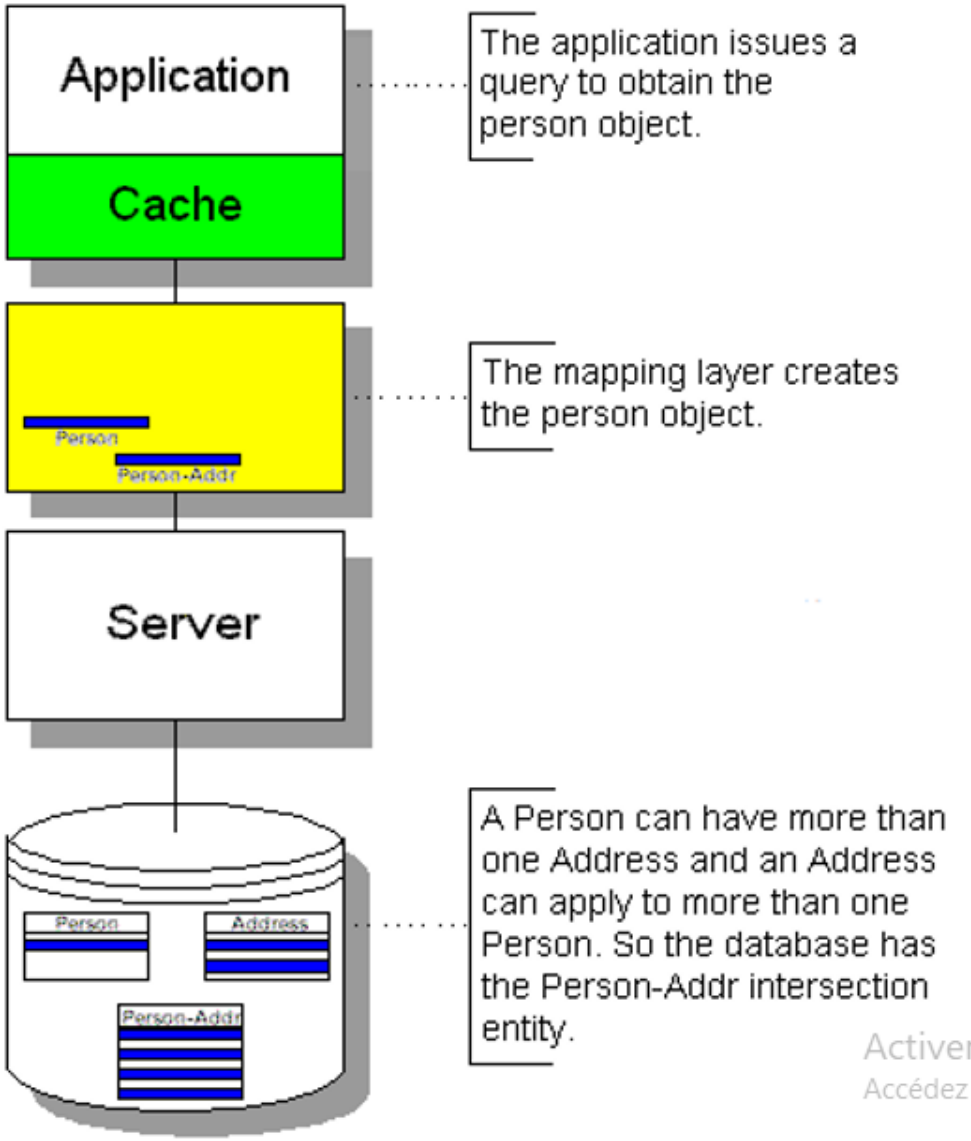


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de ***http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html***

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

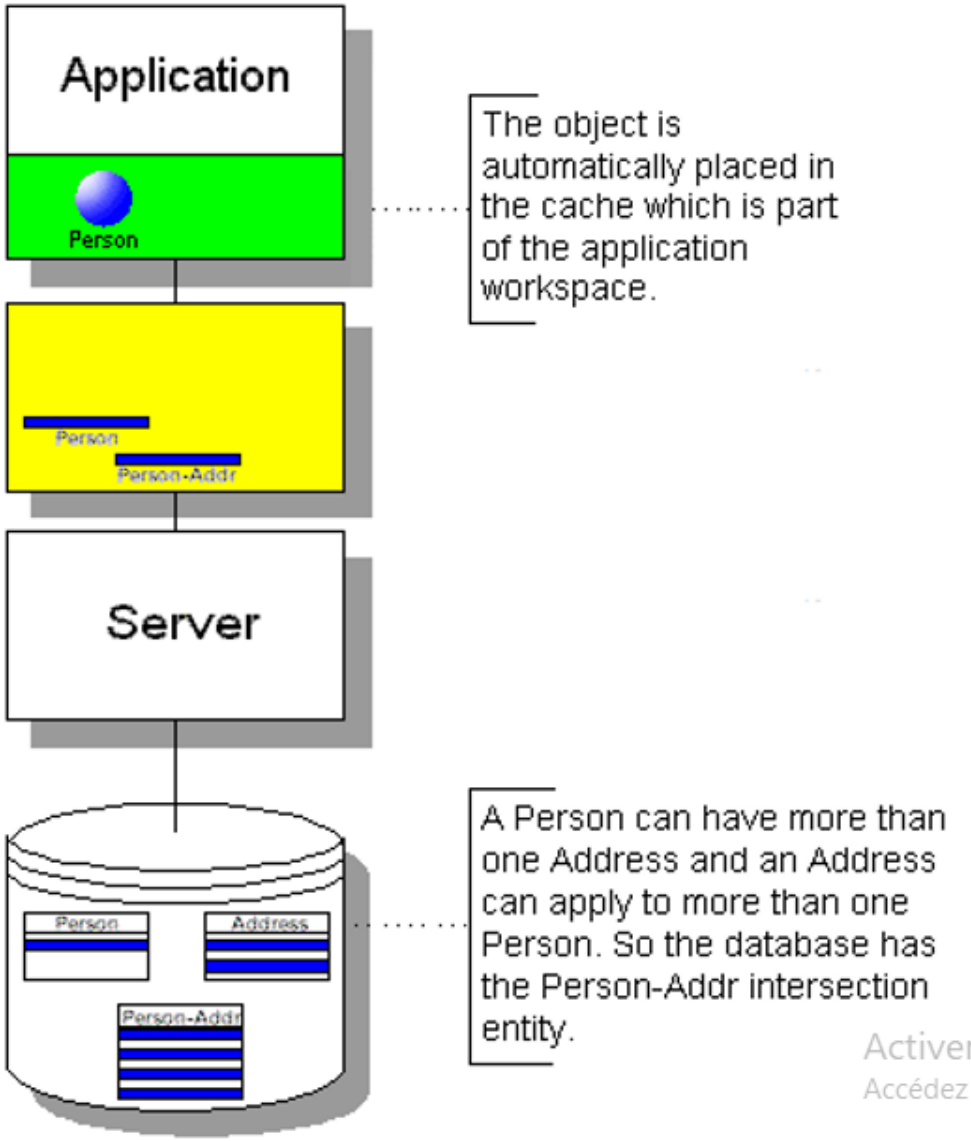


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

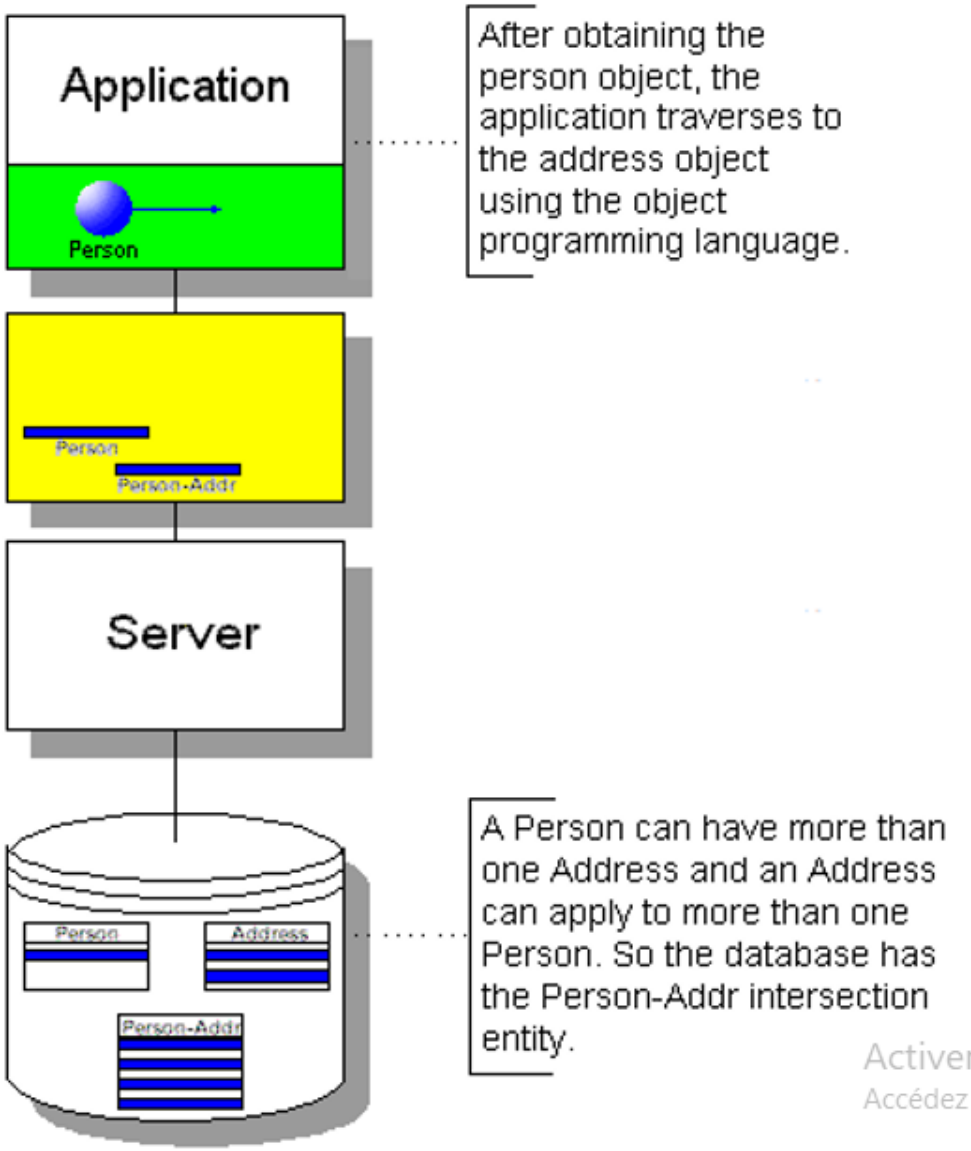


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

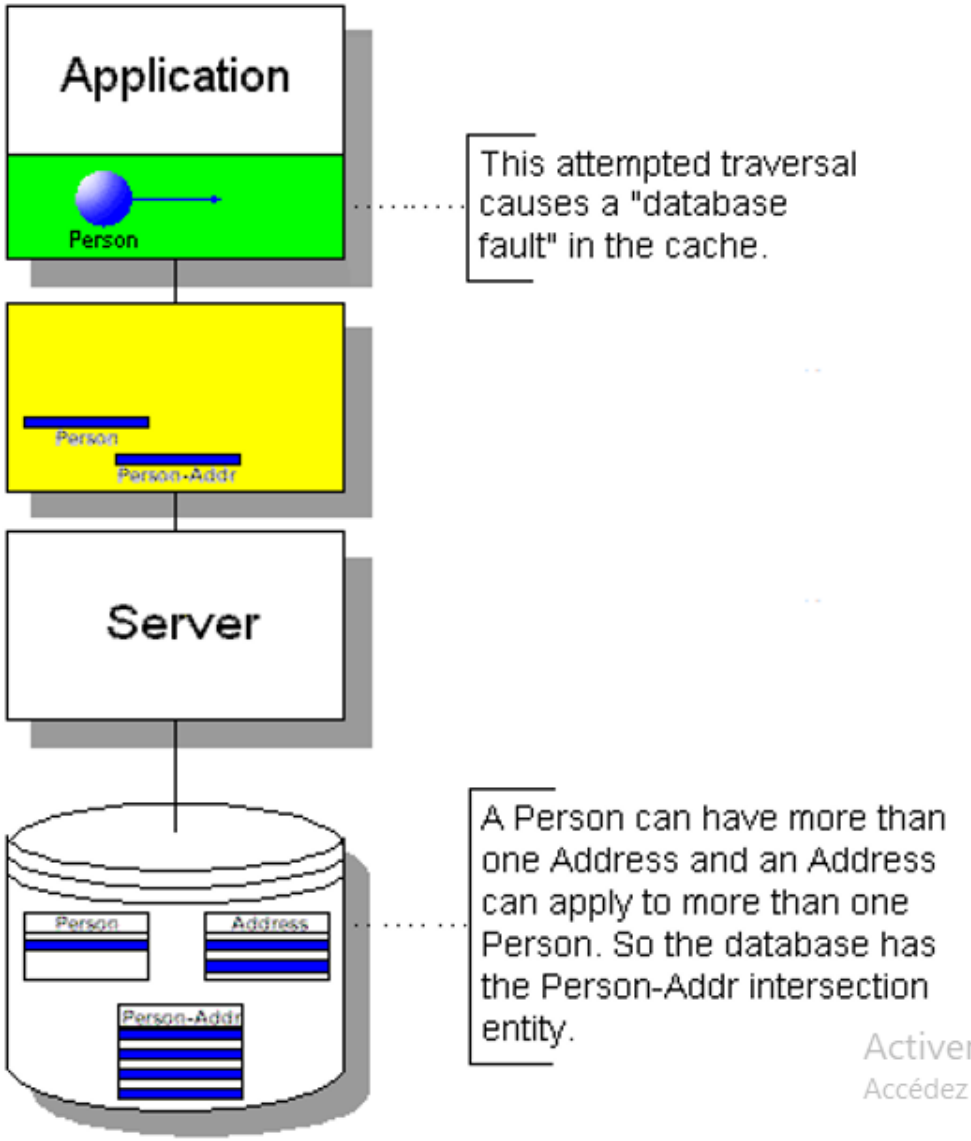


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

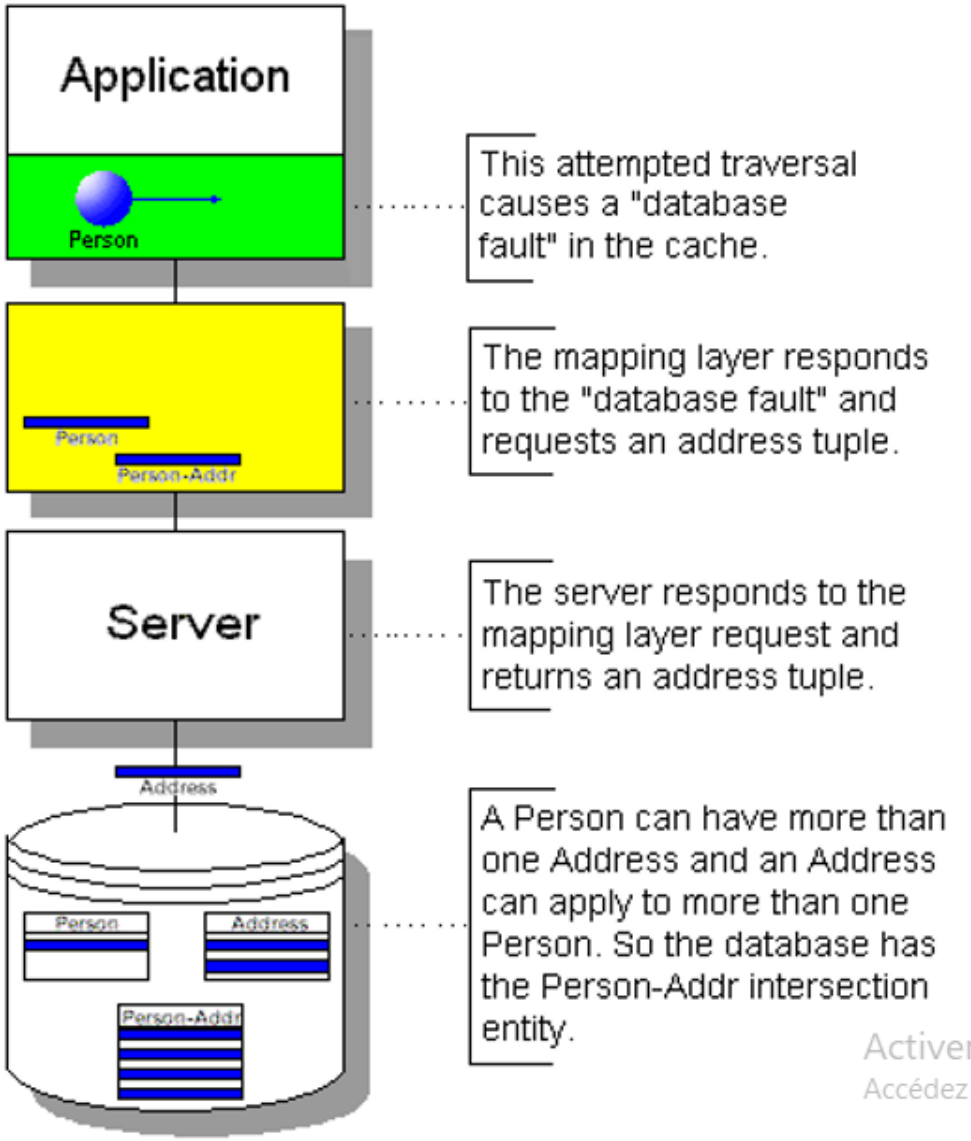


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

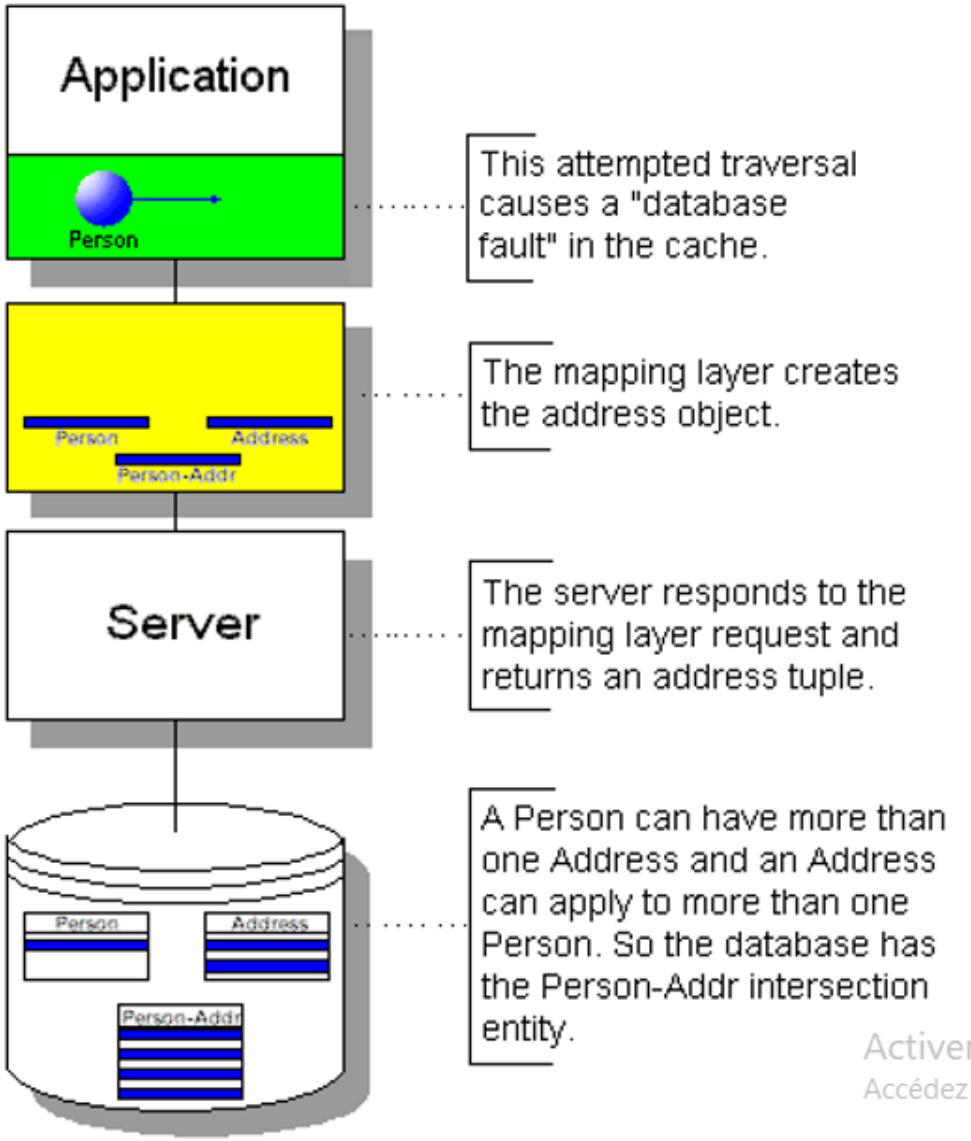


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

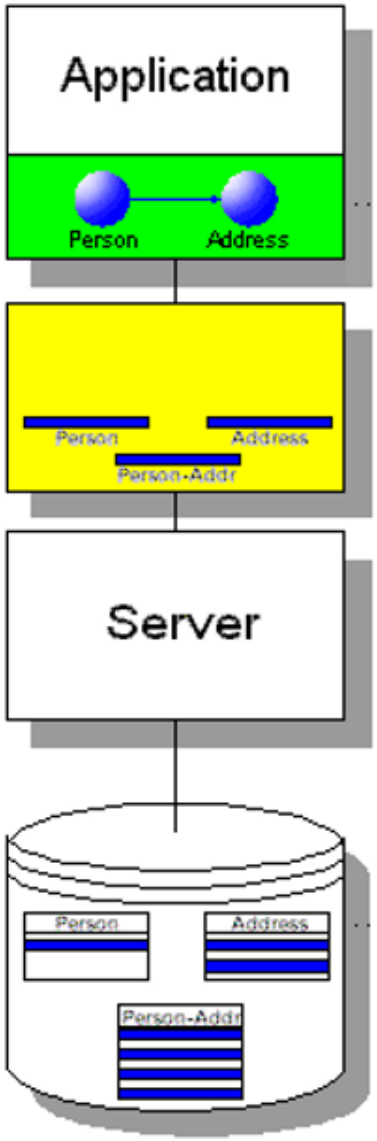


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente



The application workspace now has the person object referencing the address object. The objects may be directly manipulated by the object programming language.

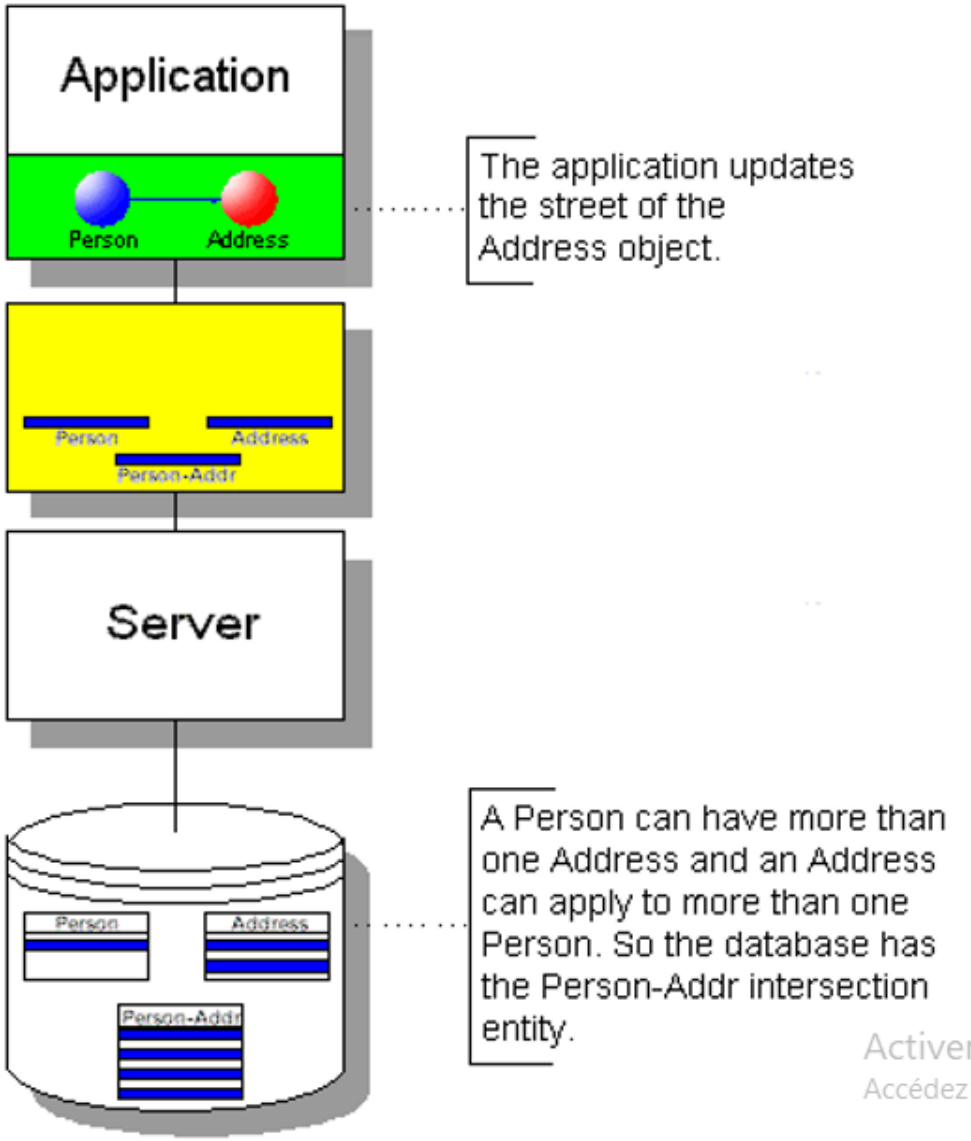
A Person can have more than one Address and an Address can apply to more than one Person. So the database has the Person-Addr intersection entity.

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente

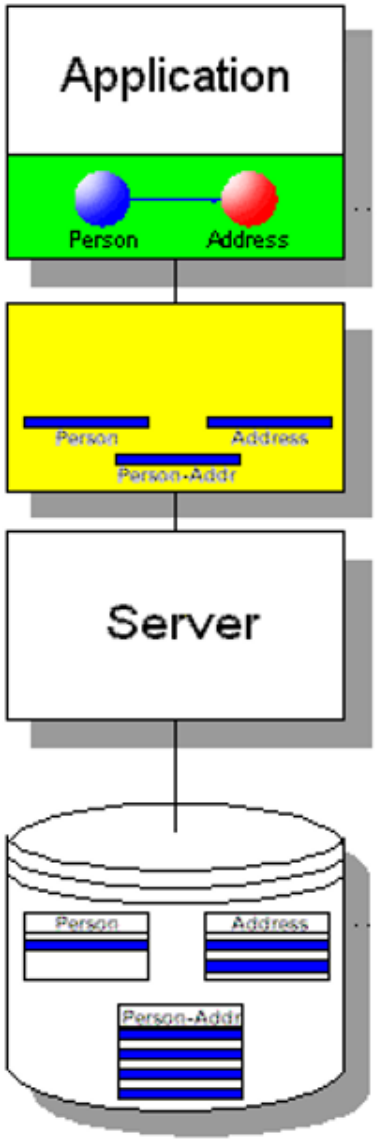


Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente



The application issues a transaction commit. This causes the updated object to be written to the disk.

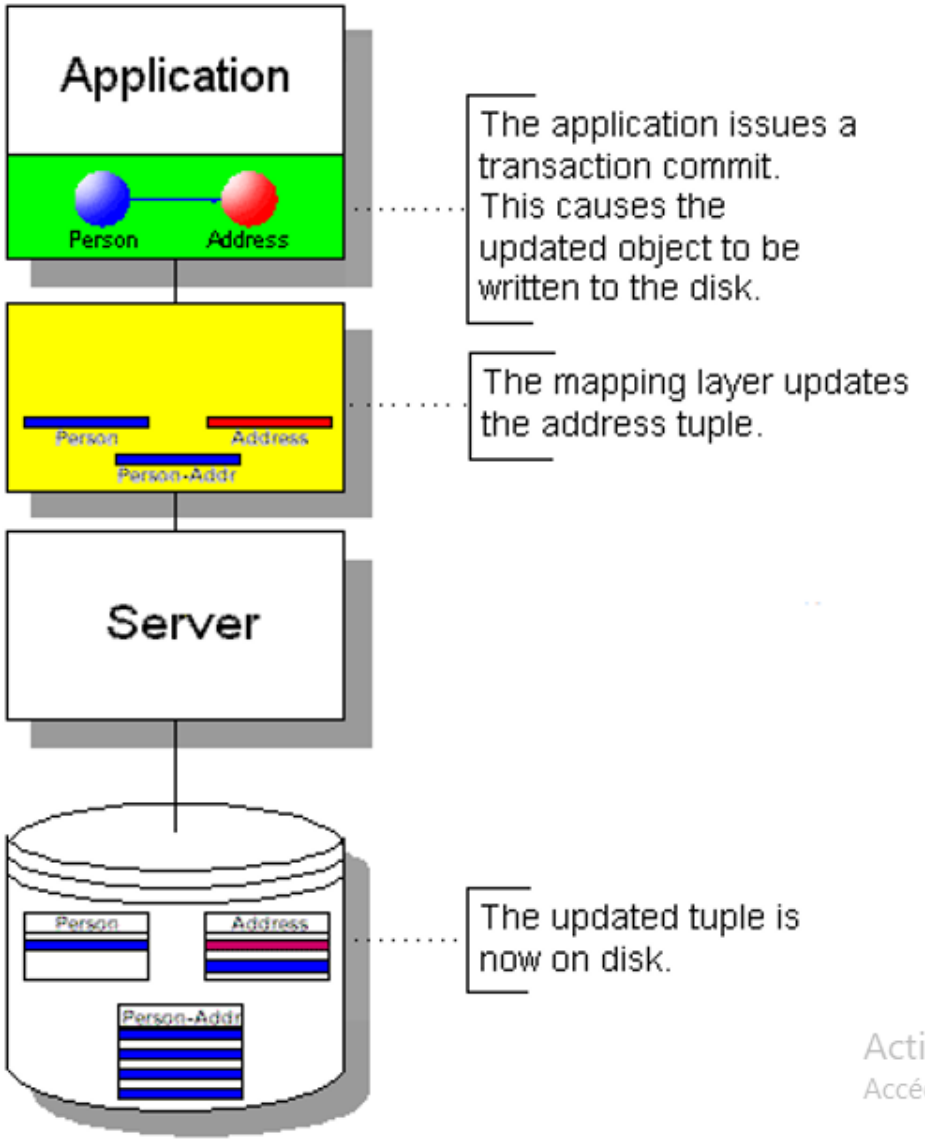
A Person can have more than one Address and an Address can apply to more than one Person. So the database has the Person-Addr intersection entity.

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Exemple de correspondance Objet/relationnel

Persistance *presque* transparente



Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

Repris de `http://www.service-architecture.com/object-relational-mapping/articles/transparent_persistence.html`

Non correspondance Objet-Relationnel

- 30% du coût de développement consacré à la mise en correspondance
- Modélisation relationnelle tributaire de la théorie relationnelle
- Modélisation orientée-objet sans définition mathématique rigoureuse ni partie théorique
- Modèles architecturaux ou basés sur les motifs vus comme une solution partielle au problème de non-correspondance : ex. *Entity beans*, *DAO* (*Data Access Object*)
- Réduction du code de correspondance par les outils ORM

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Solutions ORM (1/6)

Normes Java :

- **EJB (*Entreprise Java Beans*)** :
  - Gestion de la persistance par conteneur (CMP- *Container-Managed Persistence* et BMP – *Beans Managed Persistence*)
  - Spécifications EJB3.0 (JSR 220 Mai 2006)
- **JPA (*Java Persistence API*)** : Partie des spécifications EJB 3.0 (JSR 220 en Mai 2006) concernant la persistance des composants – JPA 2.2 (Java Persistence API) de Jakarta EE
- **JDO (*Java Data Object*)** :
  - Spécification de Sun 1999 – JDO 2.0 (JSR243 Mars 2006)
  - Abstraction du support de stockage
  - Implémentation libre : **DataNucleus** (ex. JPOX) – dernière version 2020

Implémentation de JPA :

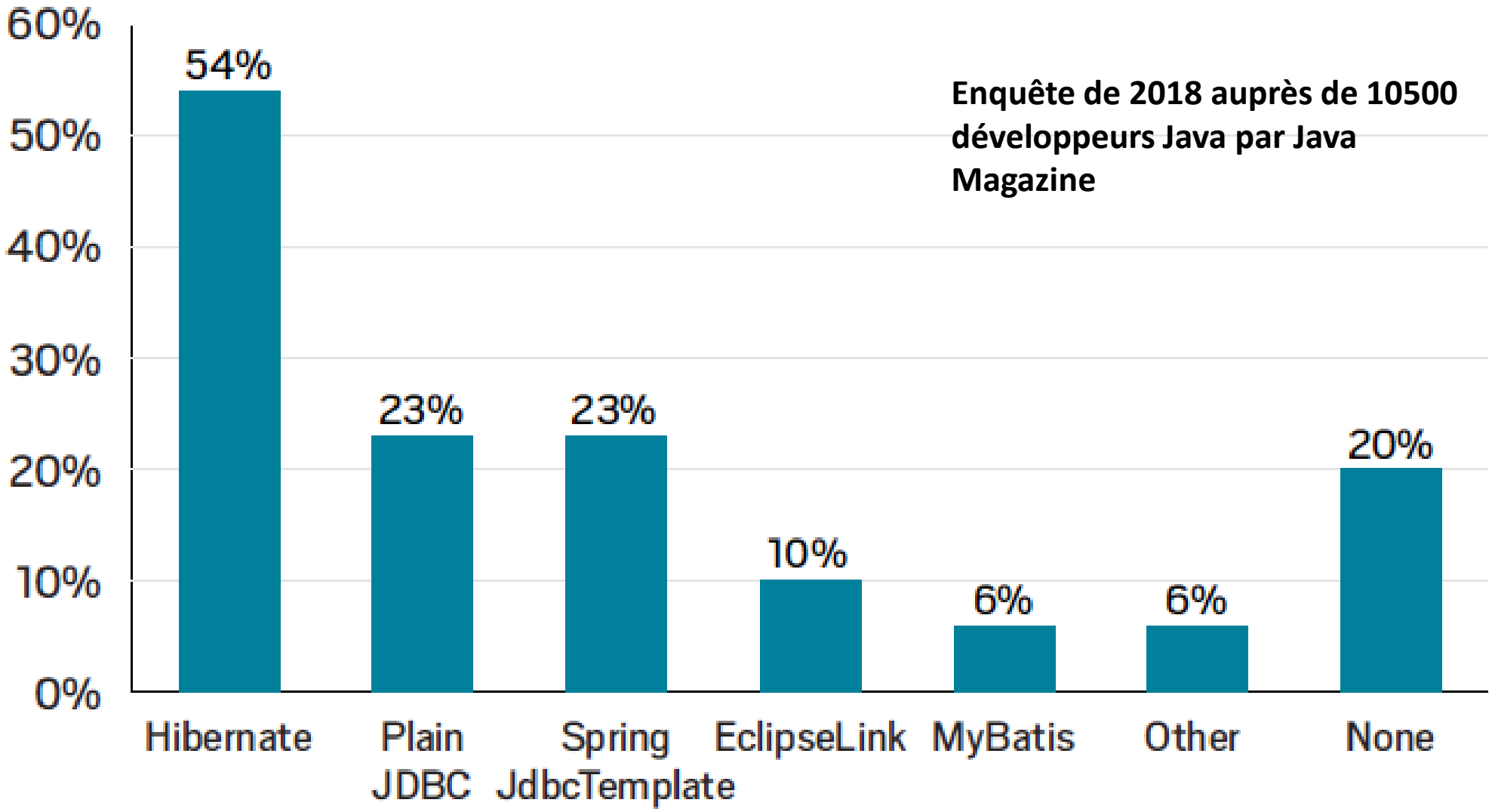
- **Hibernate** (***JBoss***) : Solution libre faisant partie du serveur d'appli. JBoss – implémentant les spécifications JSR 220 – complète et bien documentée - plugin Eclipse - Gavin King (fondateur) membre de groupes d'expert d'EJB3
- **TopLink** (***Oracle***) : Solution propriétaire utilisée par la serveur d'application d'Oracle - **TopLink Essentials** *:* version libre disponible dans *Netbeans* ou le serveur d'application (Java EE 5) *Glassfish* de Sun, intégrée dans le projet *EclipseLink*
- **EclipseLink** (issu de Toplink)
- **MyBatis (*Apache*)**

Autres outils :

- **Outils pour d'autres langages :** SQLAlchemy, Django, SQLObject pour Python, nHibernate pour .Net …
- **cf. https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_object-relational_mapping_software**

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

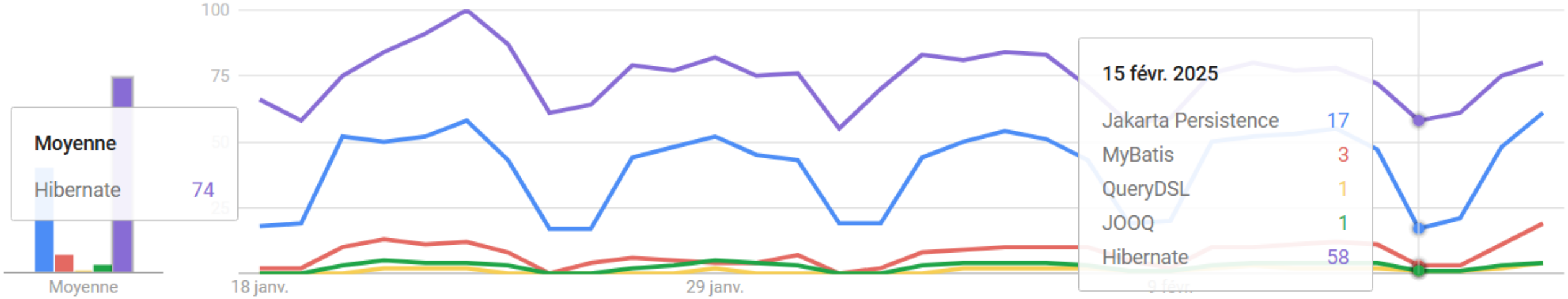
Solutions ORM (2/6)



Enquête de 2018 auprès de 10500 développeurs Java par Java Magazine

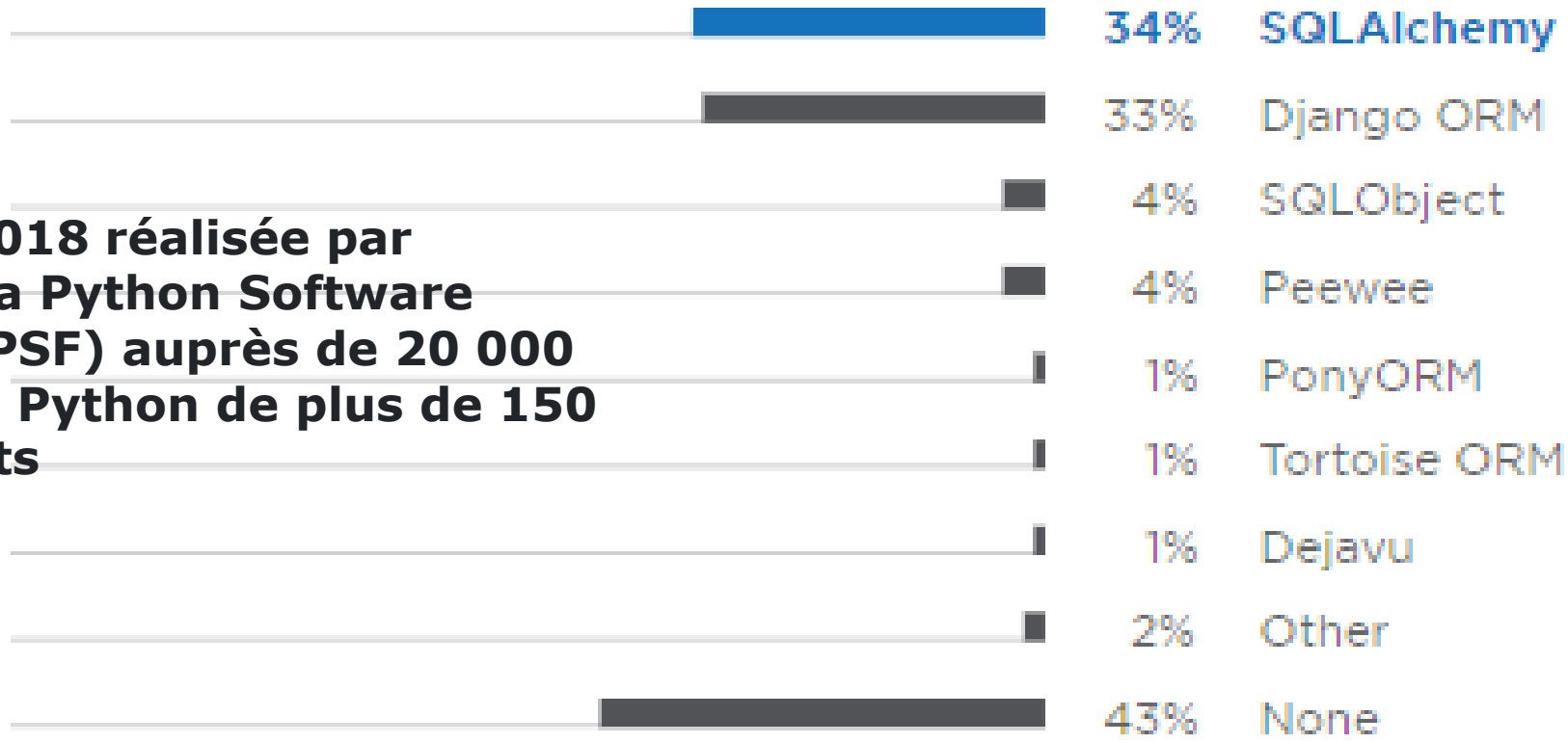
©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine – repris de https://programmer9.com/2019/02/06/largest-java-survey-2018.html

Solutions ORM (3/6)

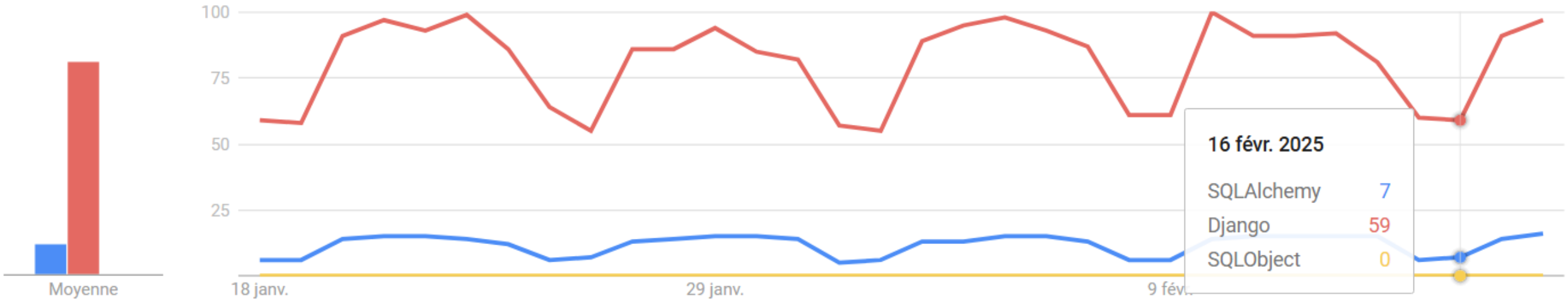


Solutions ORM (4/6)

Enquête de 2018 réalisée par JetBrains et la Python Software Foundation (PSF) auprès de 20 000 développeurs Python de plus de 150 pays différents



Solutions ORM (5/6)



Solutions ORM (6/6)

Objectifs :

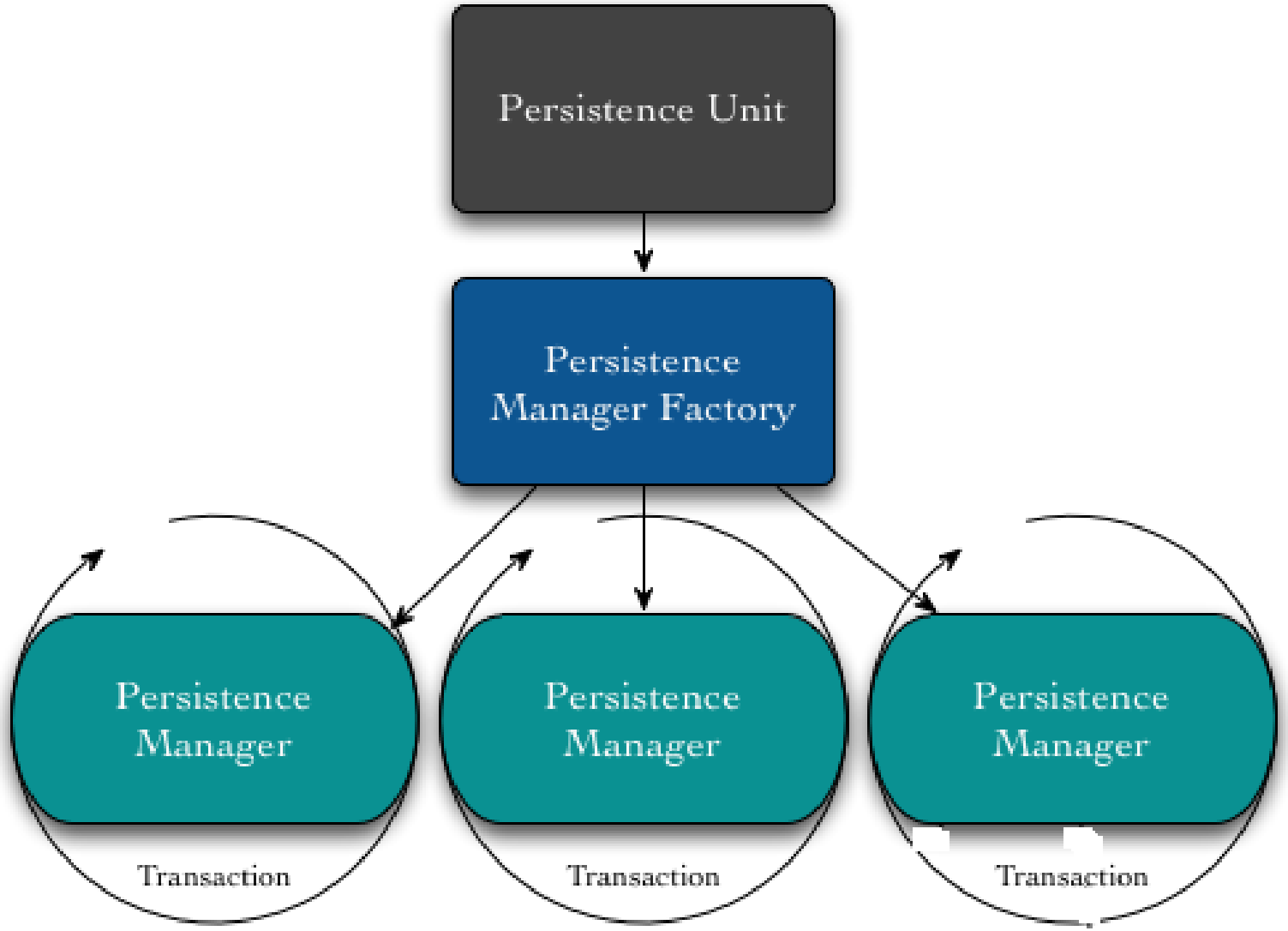
Automatiser et faciliter la correspondance entre les données stockées dans des objets et une base de données relationnelles

- Recherche et enregistrement des données associées à un objet dans une base de données
- Détection de la modification d'un objet et enregistrement des mises à jour en optimisant les accès à la base

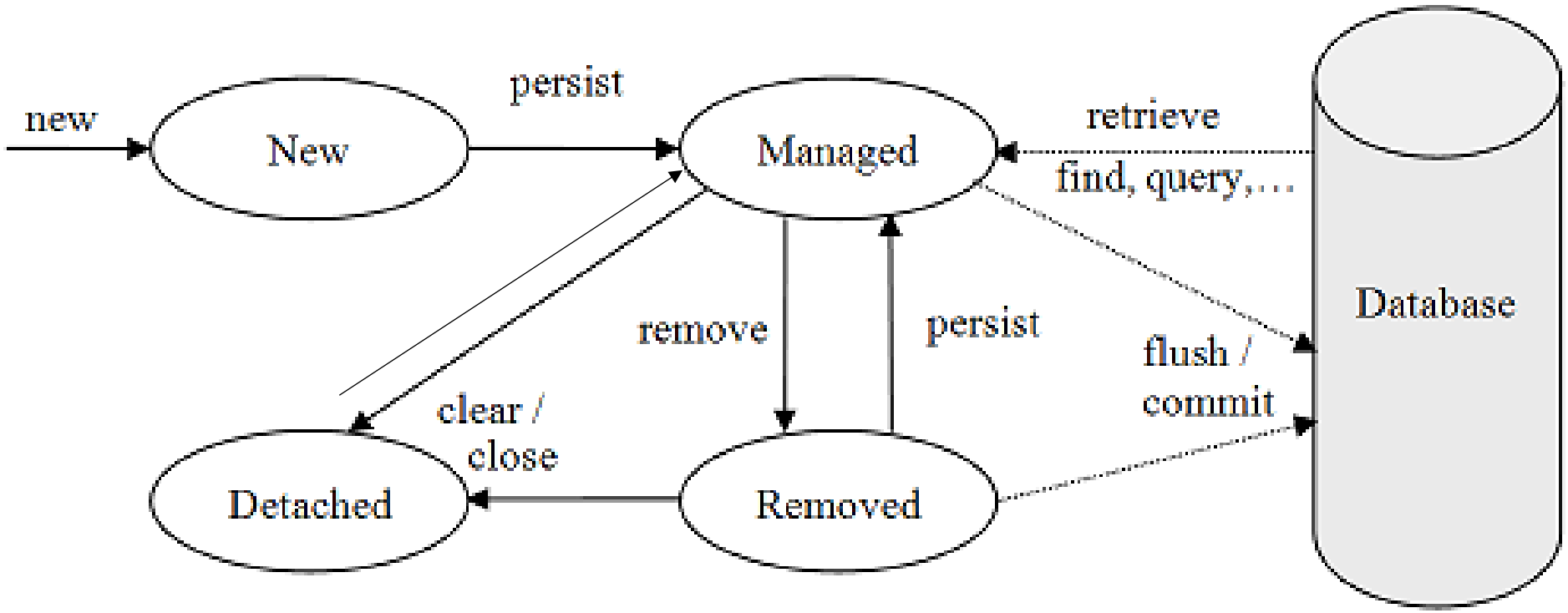
- Moins de code répétitif à écrire : gain de 30 à 40% du nombre de lignes de code
- Amélioration de la portabilité du code en cas de changement de SGBD
- Développement objet (sans penser en terme relationnel)
- Possibilité d'avoir un modèle objet fin (pouvant nécessiter un codage à la main complexe pour la persistance)
- Refactorisation *(Refactoring)* du schéma de la base de données ou du modèle objet facilité
- Pas optimal pour des applications modifiant beaucoup de nuplets à chaque update ou comportant essentiellement des requêtes d'agrégation (group by) – Ex. OLAP ou *data mining*

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Les 4 piliers de JPA



Cycle de vie des objets (1/2)



États définis par rapport à un *contexte de persistence* (*Entity Manager*)

Cycle de vie des objets (2/2)

- **Temporaire/Nouveau (*New*) :**
  - Instance non associée (et n'ayant jamais été associée) à un contexte de persistance
  - Instance sans identité persistante (i.e. valeur de clé primaire)

- **Persistant (*Managed*):**
  - Instance associée à un contexte de persistance
  - Instance possèdant une identité persistante (i.e. valeur de clé primaire) et, peut-être, un enregistrement/nuplet correspondant dans la base
  - Pour un contexte de persistance particulier, *garantie* de l'équivalence entre l'identité persistante et l'identité Java (i.e. emplacement mémoire de l'objet)

- **Détaché (*Detached*) :**
  - Instance ayant été associée au contexte de persistance à présent fermé ou instance ayant été sérialisée vers un autre processus
  - Instance possédant une identité persistante et peut-être un enregistrement/nuplet correspondant dans la base
  - Aucune garantie concernant la relation entre l'identité persistante et l'identité Java

Exemple simple de correspondance

Implémentation **POJO (*Plain Old Java Object*)** de la classe `Departement` :

```
public class Departement implements java.io.Serializable {
  // Fields
  private int departementId;
  private String nomDepartement;
  /** default constructor */
  public Departement() {}
  /** full constructor */
  public Departement(int departementId, String nomDepartement) {
    this.departementId = departementId;
    this.nomDepartement = nomDepartement;
  }
  // Property accessors
  …
}
```

Clé primaire ??

Relation de bases de données `Departement` :

```
CREATE TABLE Departement
(
  departement_id int4 NOT NULL,
  nom_departement varchar(25) NOT NULL
)
```

departement_id int4	nom_departement varchar
1	MIDO
2	LSO
3	MSO
4	LANGUES

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

1. Identification des objets (1/5)

Dans le monde objet :

- Identification des objets par l'adresse de leur emplacement mémoire
- 2 notions différentes :
  - Identité d'objets : a==b (notion définie par la machine virtuelle Java)
  - "Égalité" ou équivalence : méthode *equals()* à implémenter dans la classe

Dans le modèle relationnel :

- Identification des nuplets par la valeur de la clé primaire
- Pas de possibilité d'avoir deux nuplets avec les mêmes valeurs dans une relation

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

1. Identification des objets (2/5)

En cas d'utilisation d'un SGBD relationnel-objet (ex. PostgreSQL) :

- Ajout automatique d'un attribut OID pour distinguer les nuplets (utilisé comme clé primaire dans les relations système)
- Possibilité de le choisir comme clé primaire dans une relation utilisateur

```
CREATE TABLE departement
(
  departement_id int4 NOT NULL,
  nom_departement varchar(25) NOT NULL,
  CONSTRAINT pk_departement PRIMARY KEY (oid)
)
WITH OIDS;
```

oid	departement_id int4	nom_departement varchar
18494	1	MIDO
18495	2	LSO
18496	3	MSO
18497	4	LANGUES

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

1. Identification des objets (3/5)

En cas d'utilisation d'un SGBD relationnel pur :

Préférer les clés primaires sans contrepartie dans le monde réel ou clé de substitution (ou artificielle - *surrogate key*)

- Pour éviter les clés composées de plusieurs attributs
- Pour faciliter l'indexation (ex. un entier incrémenté automatiquement)
- Pour faciliter les mises à jour (ne pas avoir à changer toutes les clés étrangères y faisant référence)
- Pour éliminer le lien avec le modèle métier

Il faut assurer la cohérence des données en ajoutant une contrainte d'unicité pour les attributs identificateurs métier

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

1. Identification des objets (4/5)

Objet persistant = représentation en mémoire d'un nuplet

Un même nuplet ne doit pas être représenté par plusieurs objets en mémoire centrale pour une même session de travail

Exemple :
Création en mémoire d'un objet e1 de la classe `Enseignant` *(à l'occasion d'une navigation à partir d'un objet* `Enseignement`*)*
Possibilité de retrouver le même enseignant depuis un autre `Enseignement` *ou depuis un* `Département`
⇒ *Ne pas créer d'objet e2 en mémoire centrale indépendant de e1*

⇒ Utilisation du **cache**

- "Index" des objets créés en mémoire
  (avec conservation de l'identité relationnelle – clé primaire)
- Recherche dans le cache avant toute récupération dans la base

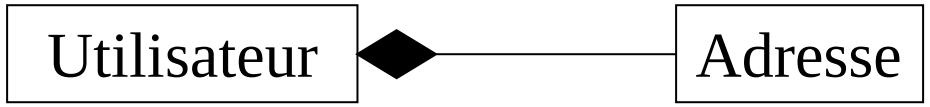
©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

1. Identification des objets (5/5)

Différence de granularité entre les deux modèles

- Modèle objet de granularité plus fine :
  - " + de classes que de relations "
  - Instances de plusieurs classes (dépendantes) sauvegardés dans la même relation

Ex.



⇒ *Pas d'obligation de créer une relation Adresse dans la base*

Si insertion des attributs de Adresse dans la relation Utilisateur ⇒ des objets Adresse sans identification liée à la base

- Possibilité d'utiliser les *User Defined Type* de SQL99 – mais problème de compatibilité et de standardisation dans les SGBD

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

2. Traduction des associations (1/5)

Dans le monde objet :

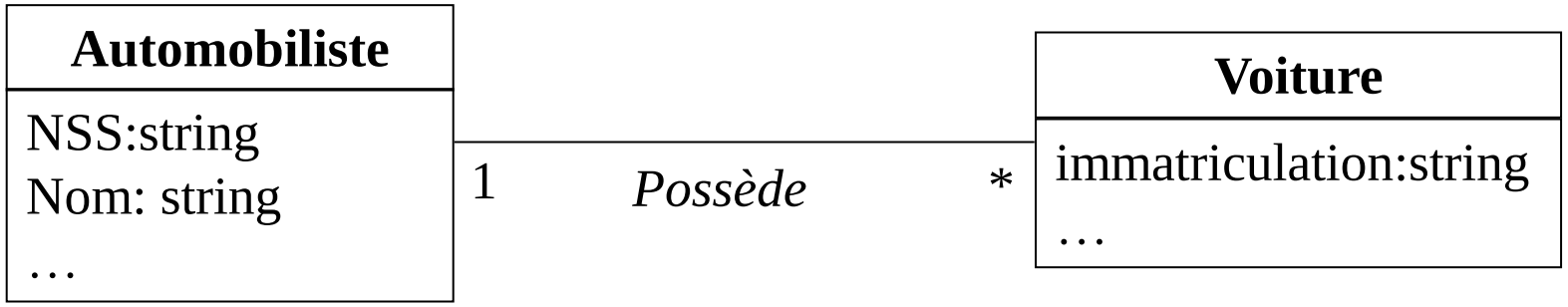
- Association = ensemble de liens entre objets
- 3 types de représentation :
  - variable d'instance de type objet (multiplicité 1 ou *..1)
  - variable d'instance de type collection d'objets (multiplicité 1..* ou *)
  - Classe-association (multiplicité *)
- Références d'objet par nature unidirectionnelle
- Pas de déduction de la multiplicité à partir de la classe Java (si codage unidirectionnel)

Dans le modèle relationnel

- Représentation des associations par :
  - Une ou plusieurs clés étrangères (multiplicité 1 ou *..1 ou 1..*)
  - Une relation dont la clé primaire est composée de clés étrangères (multiplicité *) : table de liaison ou table d'association
- Bi-direction par jointure entre les relations
- Déduction de la multiplicité par analyse de la définition des clés étrangères

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

2. Traduction des associations (2/5)



En cas d'implémentation bidirectionnelle ou d'un seul côté pour une implémentation uni-directionnelle

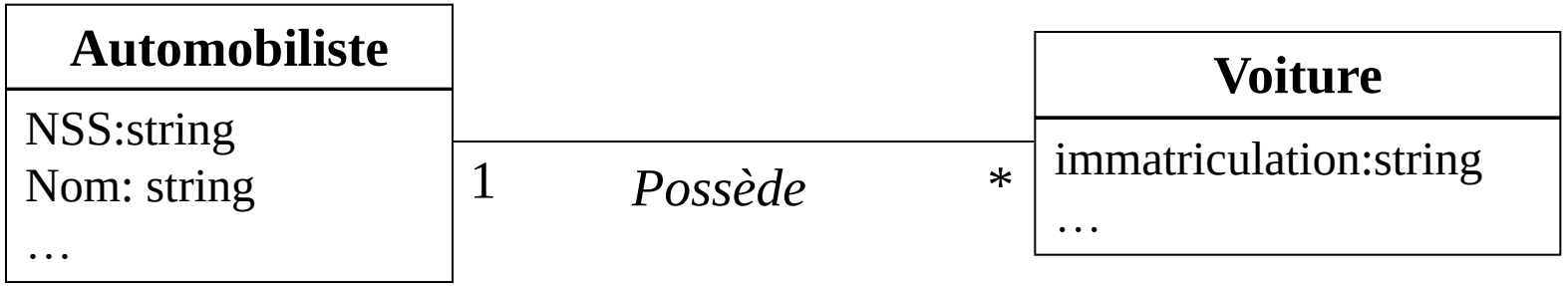
De Automobiliste vers Voiture

De Voiture vers Automobiliste

```
public class Automobiliste {
  // Fields
  private String NSS;
  private String nom;
  private Collection<Voiture> parc_automobile;
  …
}
public class Voiture {
  // Fields
  private String immatriculation;
  private Automobiliste proprietaire;
  …
}
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

2. Traduction des associations (3/5)

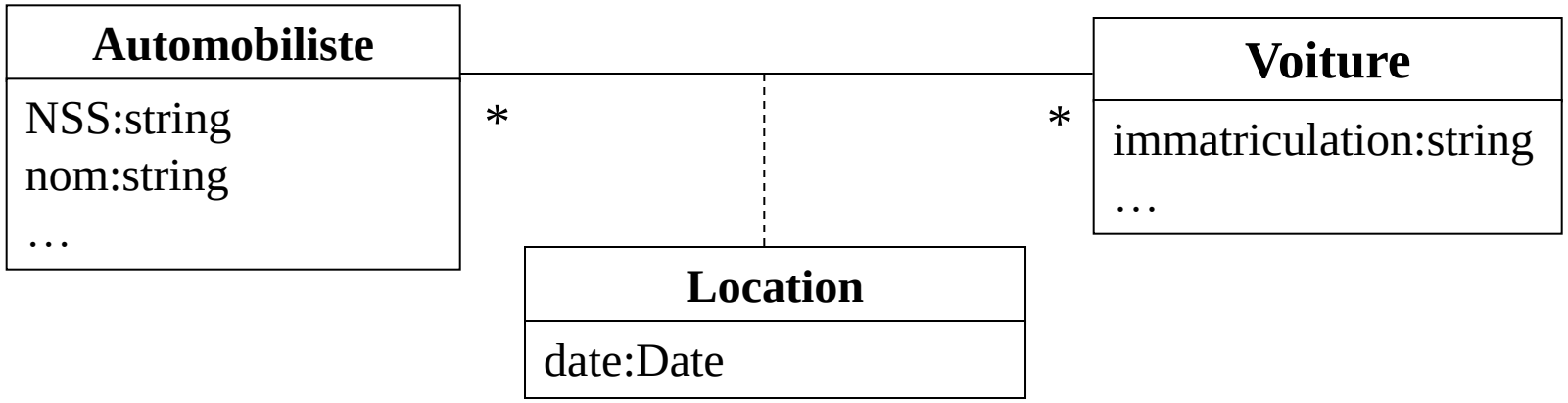



```
CREATE TABLE Automobilsite
( Automobiliste_ID  SERIAL,
  NSS varchar(10) NOT NULL,
  Nom varchar(20) NOT NULL,
  …
  CONSTRAINT PK_Automobiliste PRIMARY KEY (Automobiliste_ID),
) ;

CREATE TABLE Voiture
( Voiture_ID  SERIAL,
  Immatriculation varchar(10) NOT NULL,
  …
  Proprietaire_ID int NOT NULL,
  CONSTRAINT PK_ Voiture PRIMARY KEY (Voiture_ID),
  CONSTRAINT FK_Automobiliste_Voiture
   FOREIGN KEY (Proprietaire_ID) REFERENCES Automobiliste (Automobiliste_ID)
);
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

2. Traduction des associations (4/5)




```
public class Location {
  private Automobiliste loueur;
  private Voiture vehicule;
  private Date date;
  …
}
```

```
CREATE TABLE Location
( …
 CONSTRAINT PK_Location PRIMARY KEY (Automobiliste_ID,Voiture_ID, Date),
 CONSTRAINT FK_Location_Voiture
   FOREIGN KEY (Voiture_ID) REFERENCES Voiture (Voiture_ID),
 CONSTRAINT FK_Location_Automobiliste
   FOREIGN KEY (Automobiliste_ID) REFERENCES Automobiliste (Automobiliste_ID),
);
```

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

2. Traduction des associations (5/5)

- Gestion des associations plus complexe en objet qu'en relationnel

  Ex. Modification d'un propriétaire de voiture

  ⇒*Modification de la valeur de la clé étrangère dans la relation Voiture*

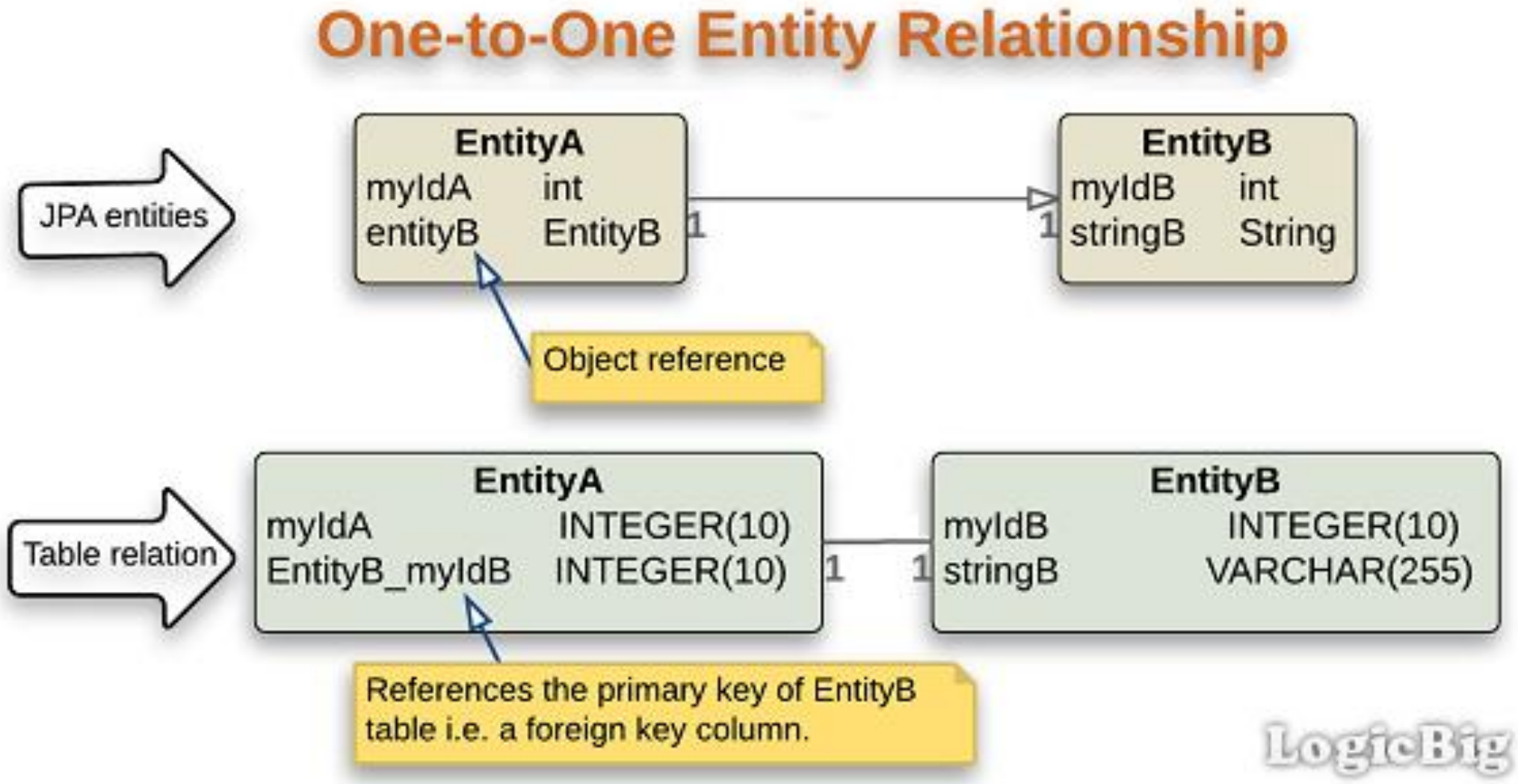
  ⇒*Suppression du véhicule correspondant dans la collection parc_automobile de l'objet Java Automobiliste*

  + mise à jour de l'instance propriétaire de l'objet Voiture

- Gestion automatique dans EJB 2.x
- Choix de ne rien automatiser dans JPA

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Annotation JPA (association) : *1-1* unidirectionnelle (java vs relationnel avec clé étrangère)



Annotation JPA (association) : *1-1* unidirectionnelle traduite en clé étrangère (en java)

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  @OneToOne
  private EntityB entityB;

  public EntityB getEntityB() {
      return entityB;
  }

  public void setEntityB(EntityB entityB) {
      this.entityB = entityB;
  }
}
```

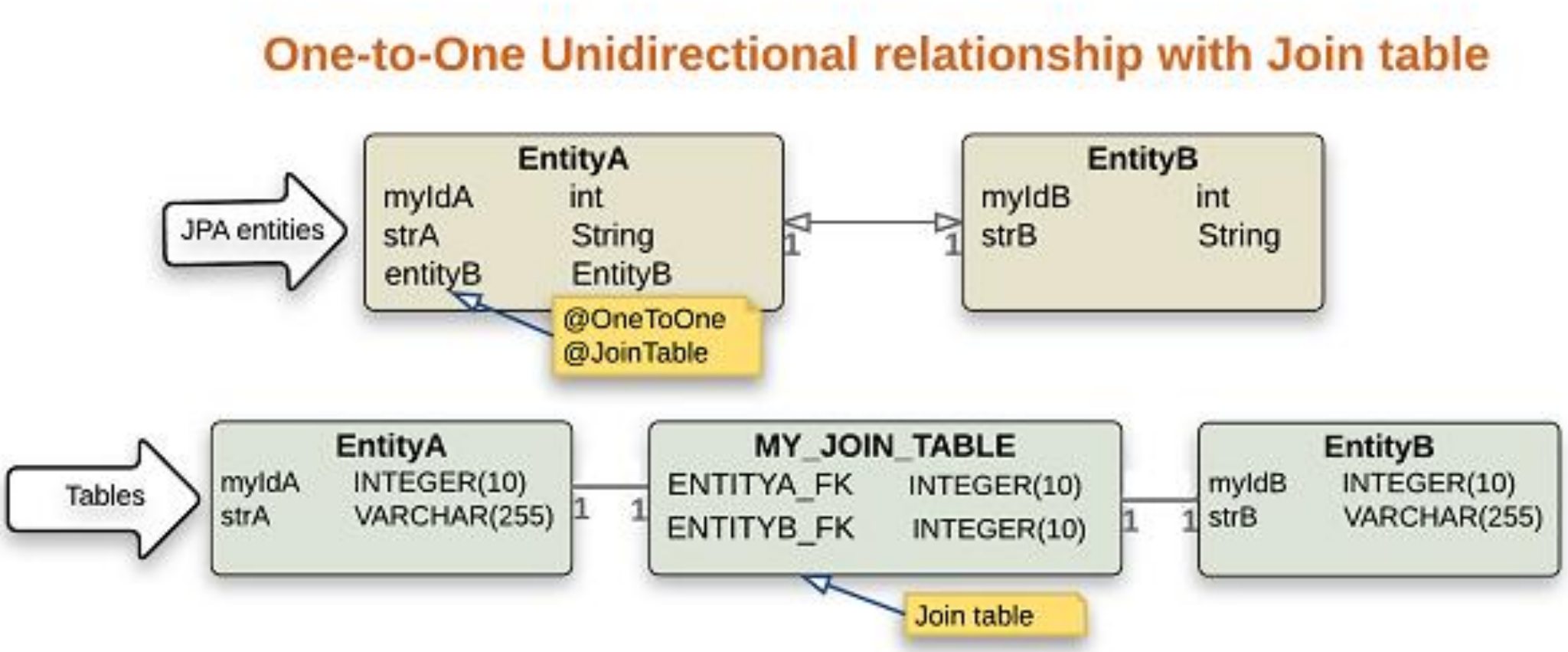
```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String stringB;

  public String getStringB() {
      return stringB;
  }

  public void setStringB(String stringB) {
      this.stringB = stringB;
  }
}
```


©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (association) : *1-1* unidirectionnelle (java vs relationnel avec table-association)

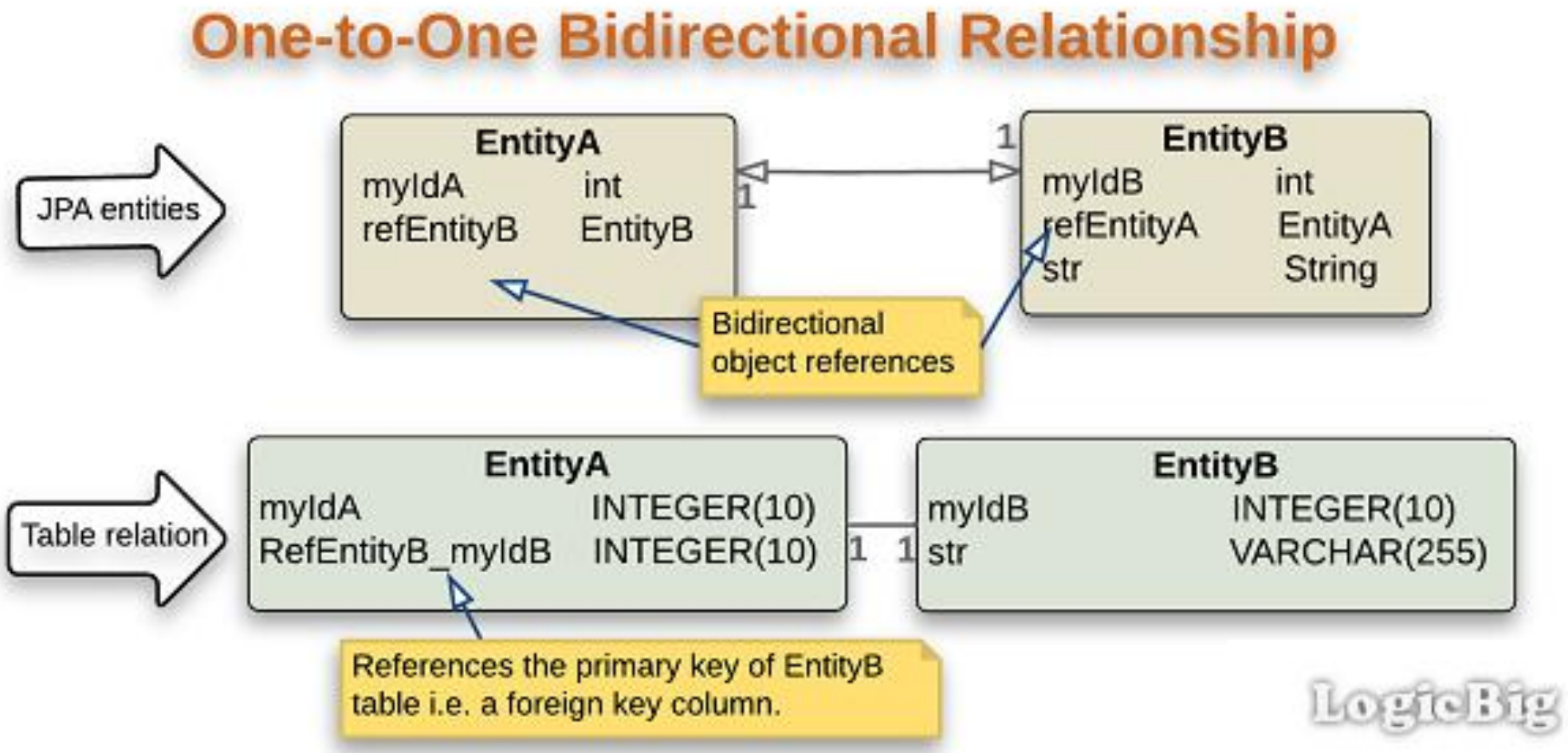


Annotation JPA (association) : *1-1* unidirectionnelle traduite en table association (en java)

```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String stringB;
    .............
}
```

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  private String stringA;
  @OneToOne
  @JoinTable(name = "MY_JOIN_TABLE",
          joinColumns = {
                  @JoinColumn(name = "ENTITYA_FK", referencedColumnName = "myIdA")
          },
          inverseJoinColumns = {
                  @JoinColumn(name = "ENTITYB_FK", referencedColumnName = "myIdB", unique = true)
          }
  )
  private EntityB entityB;
    .............
}
```

Annotation JPA (association) : *1-1* bidirectionnelle (java vs relationnel avec clé étrangère)



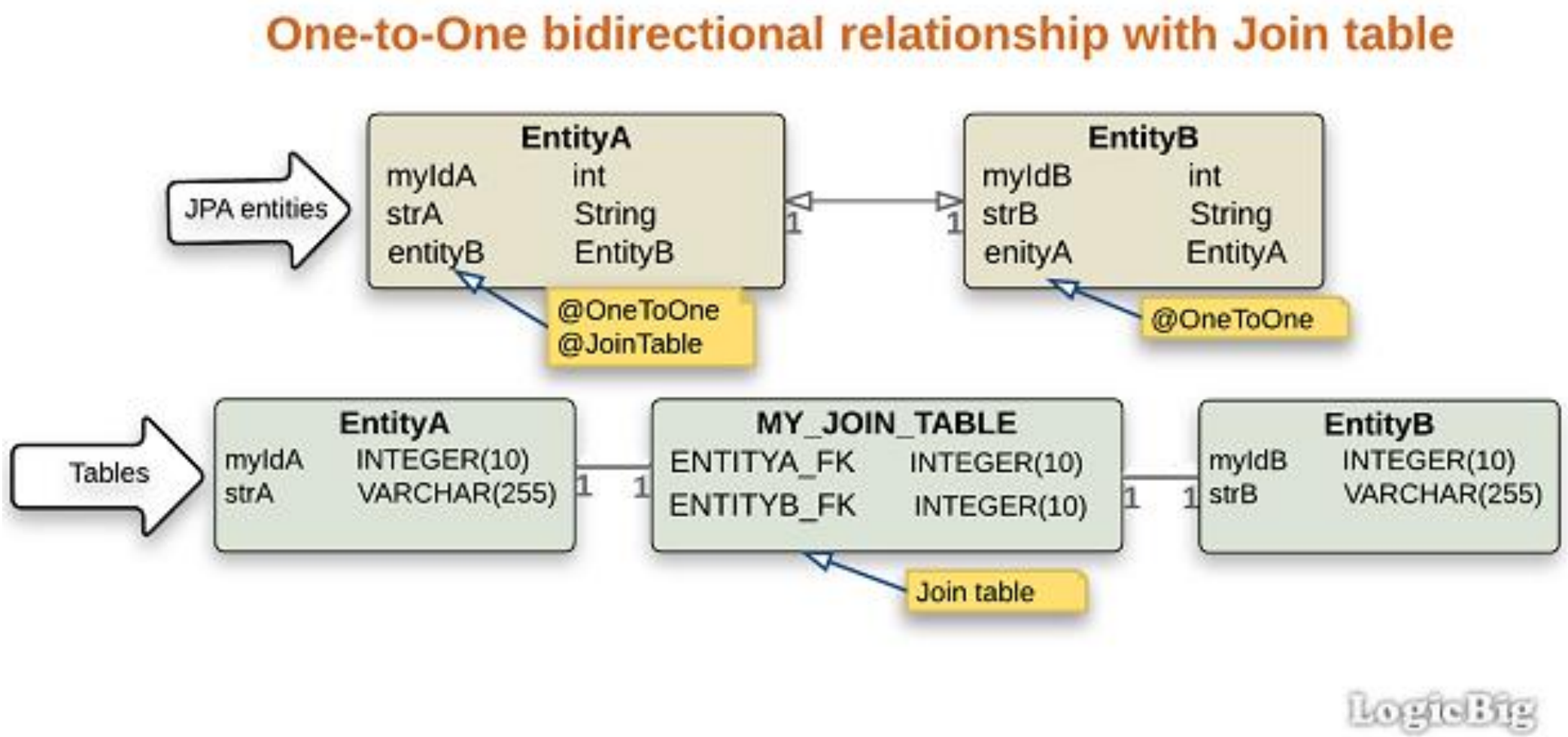
©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (association) : *1-1* unidirectionnelle traduite en clé étrangère (en java)

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  @OneToOne
  private EntityB refEntityB;
    .............
  @Override
  public String toString() {
      return "EntityA{" +
              "myIdA=" + myIdA +
              '}';
  }
  //getters/setters
}
```

```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  @OneToOne(mappedBy = "refEntityB")
  private EntityA refEntityA;
  private String str;
    .............
  @Override
  public String toString() {
      return "EntityB{" +
              "myIdB=" + myIdB +
              ", str='" + str + '\'' +
              '}';
  }
  //getters/setters
}
```

Annotation JPA (association) : *1-1* bidirectionnelle (java vs relationnel avec table-association)

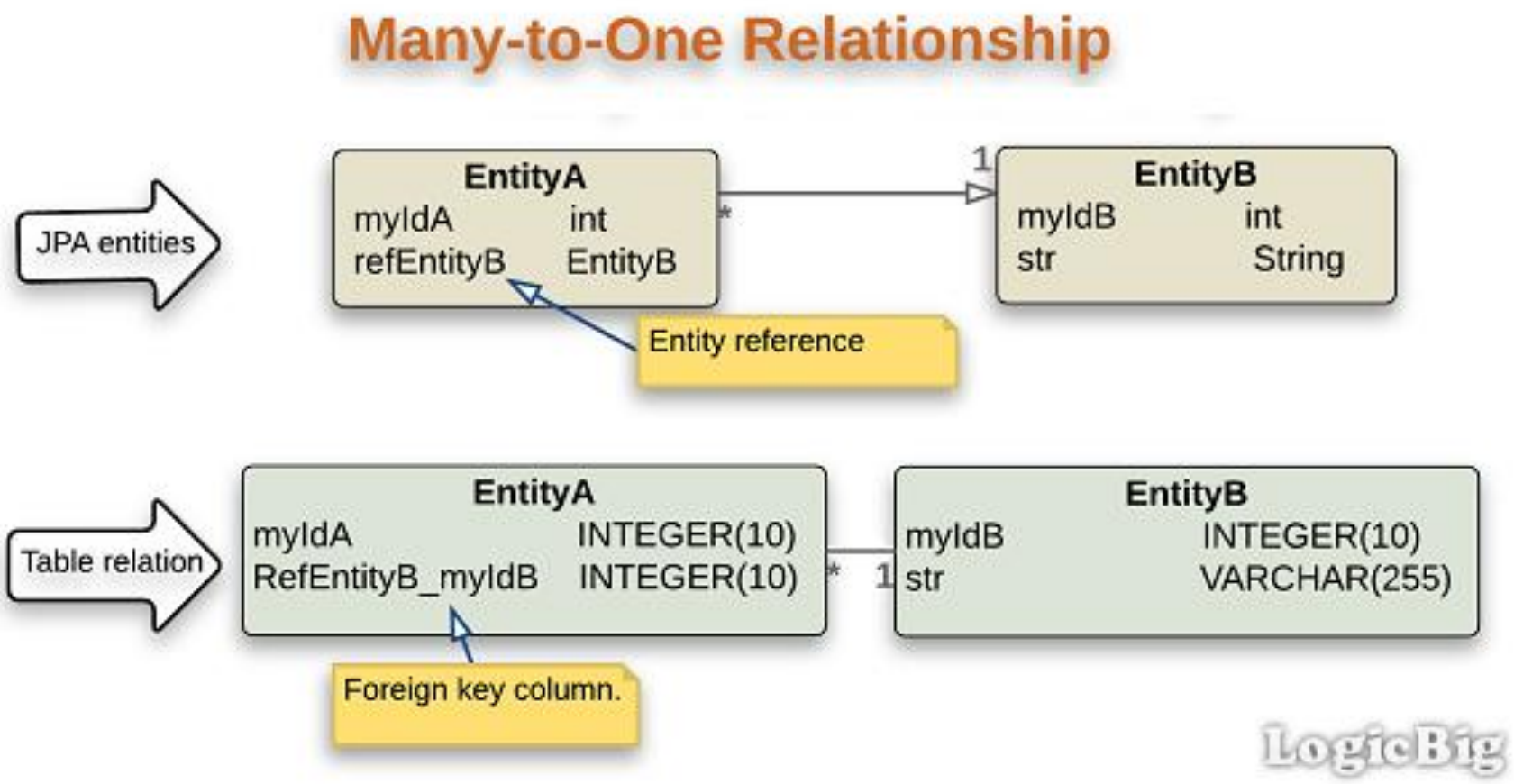


©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (association) : *-*1* unidirectionnelle (java vs relationnel avec clé étrangère)

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  @ManyToOne
  private EntityB refEntityB;
    .............
}
```

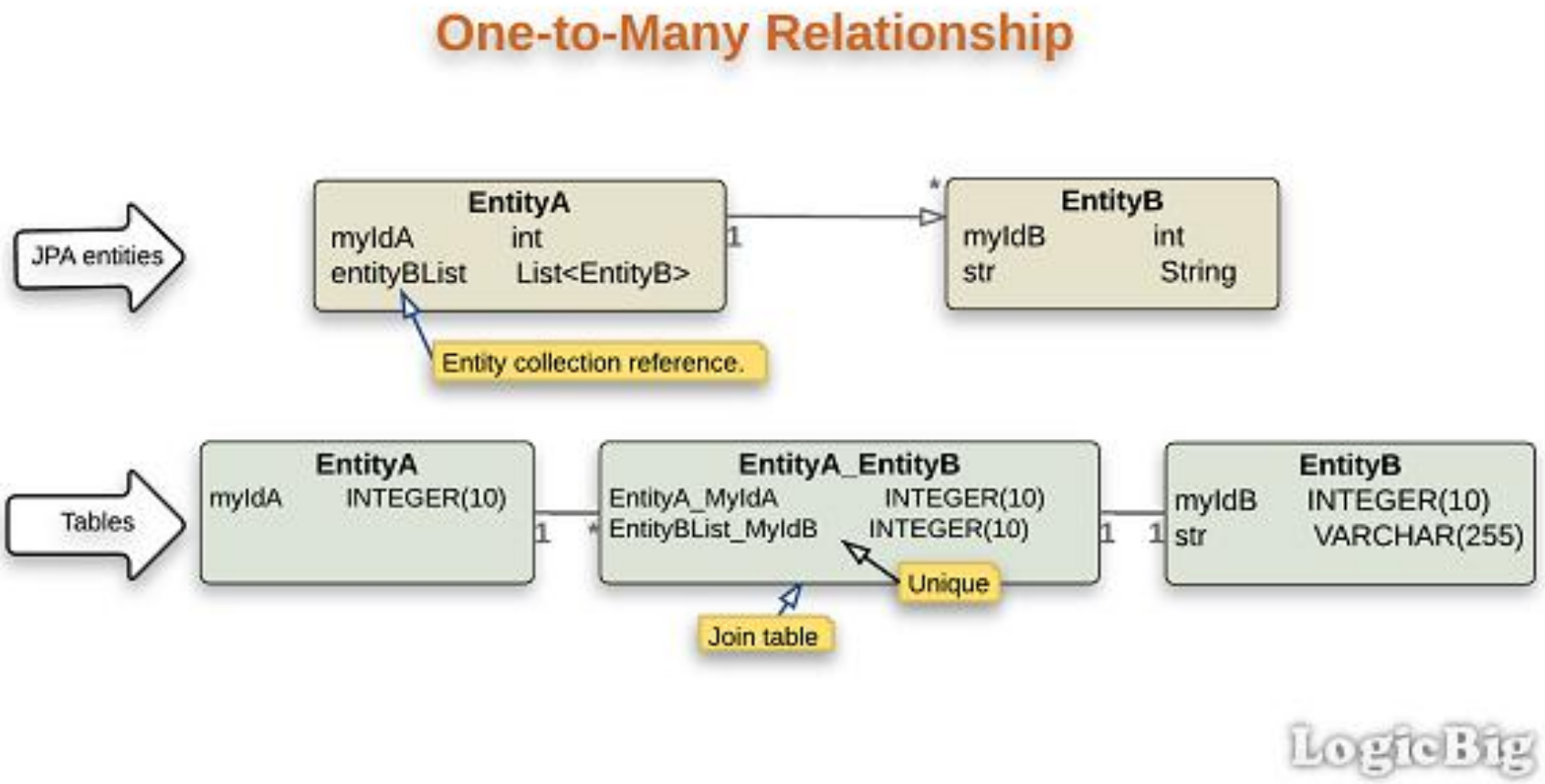
```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String str;
    .............
}
```



Annotation JPA (association) : *1-** unidirectionnelle (java vs relationnel avec table association)

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  @OneToMany
  private List<EntityB> entityBList;
    .............
}
```

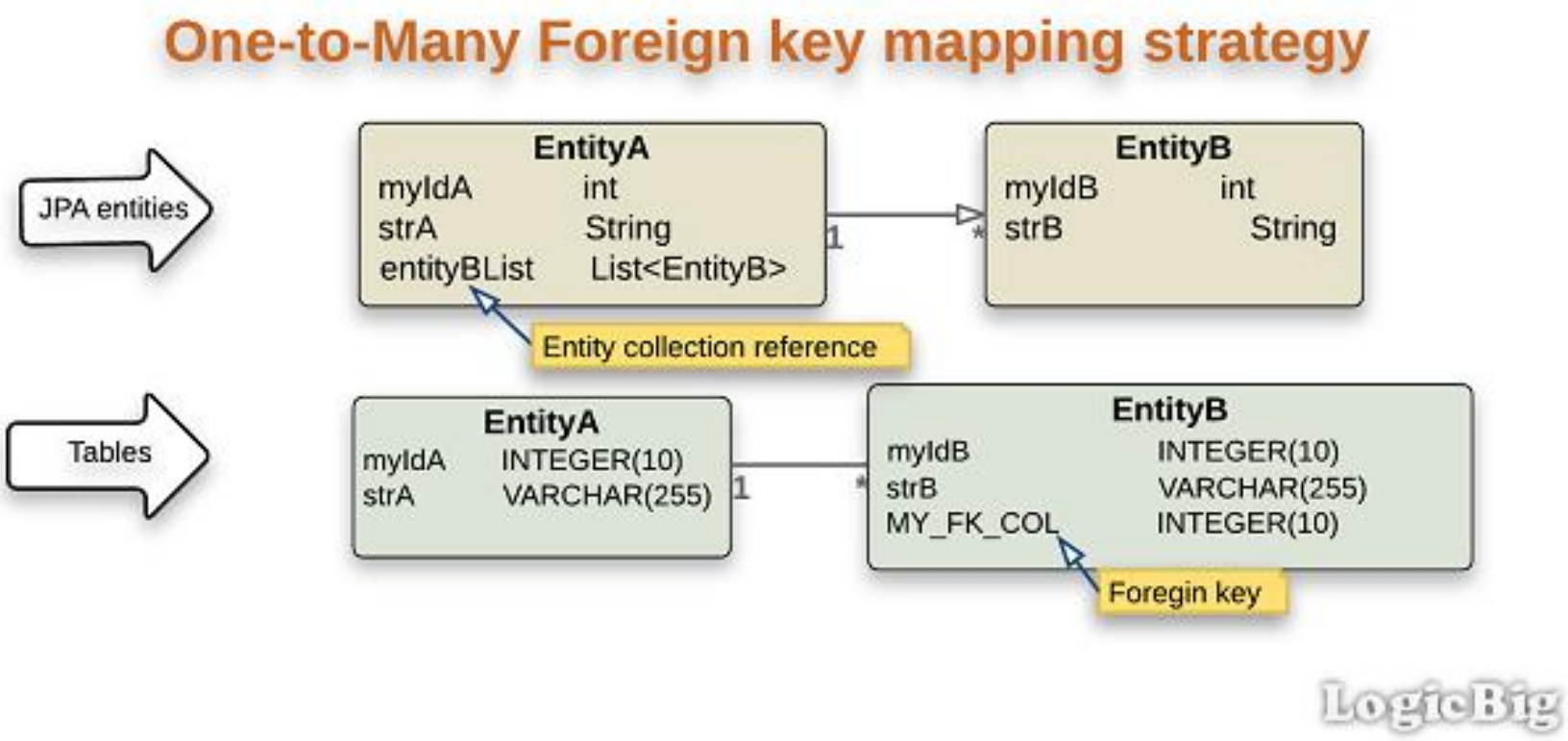
```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String str;
    .............
}
```



Annotation JPA (association) : *1-** unidirectionnelle (java vs relationnel avec clé étrangère)

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  private String strA;
  @OneToMany
  @JoinColumn(name = "MY_FK_COL")
  private List<EntityB> entityBLis
    .............
}
```

```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String strB;
    .............
}
```

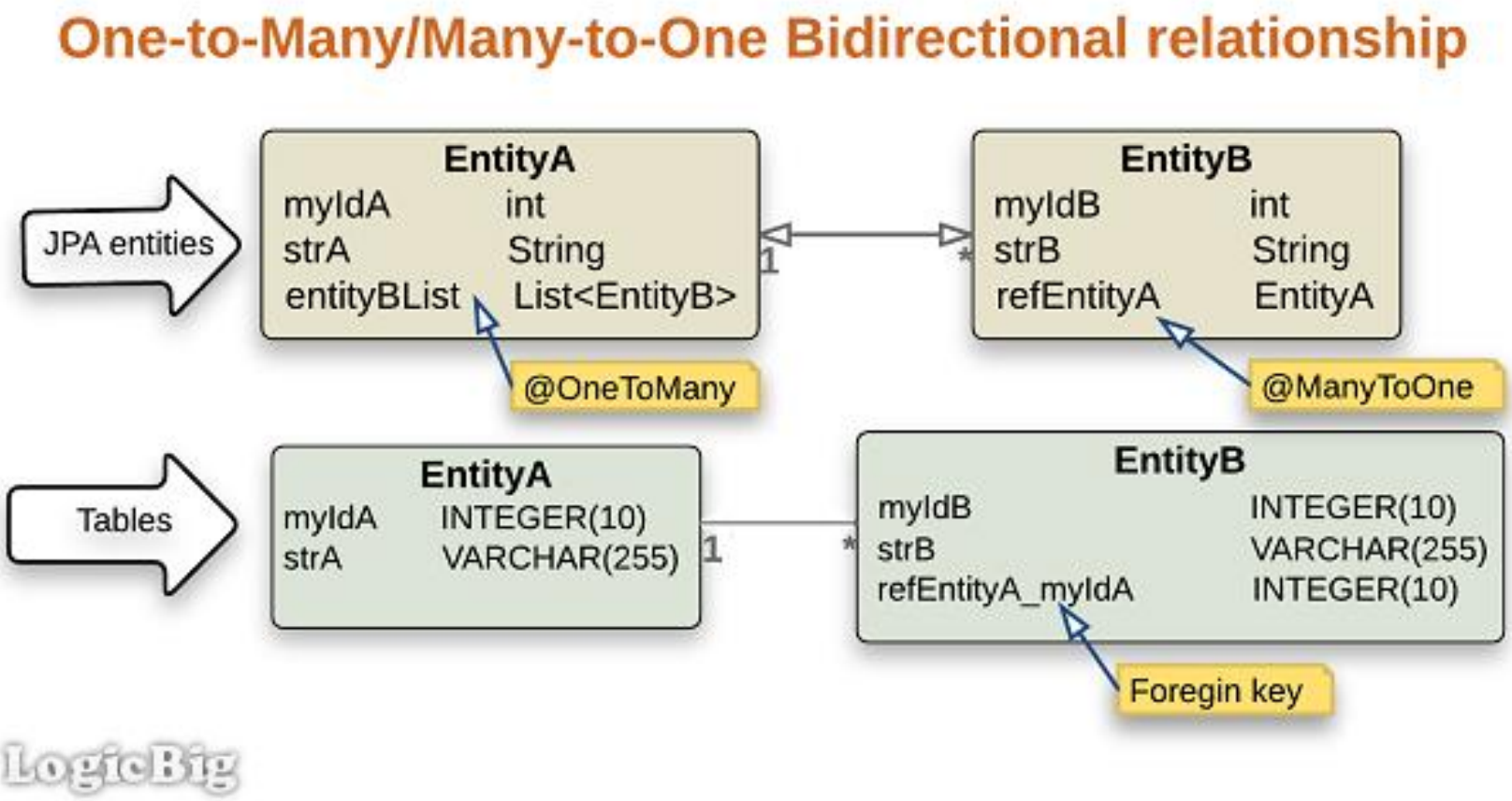


©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (association) : *-1 et 1-* bidirectionnelle (java vs relationnel avec clé étrangère)

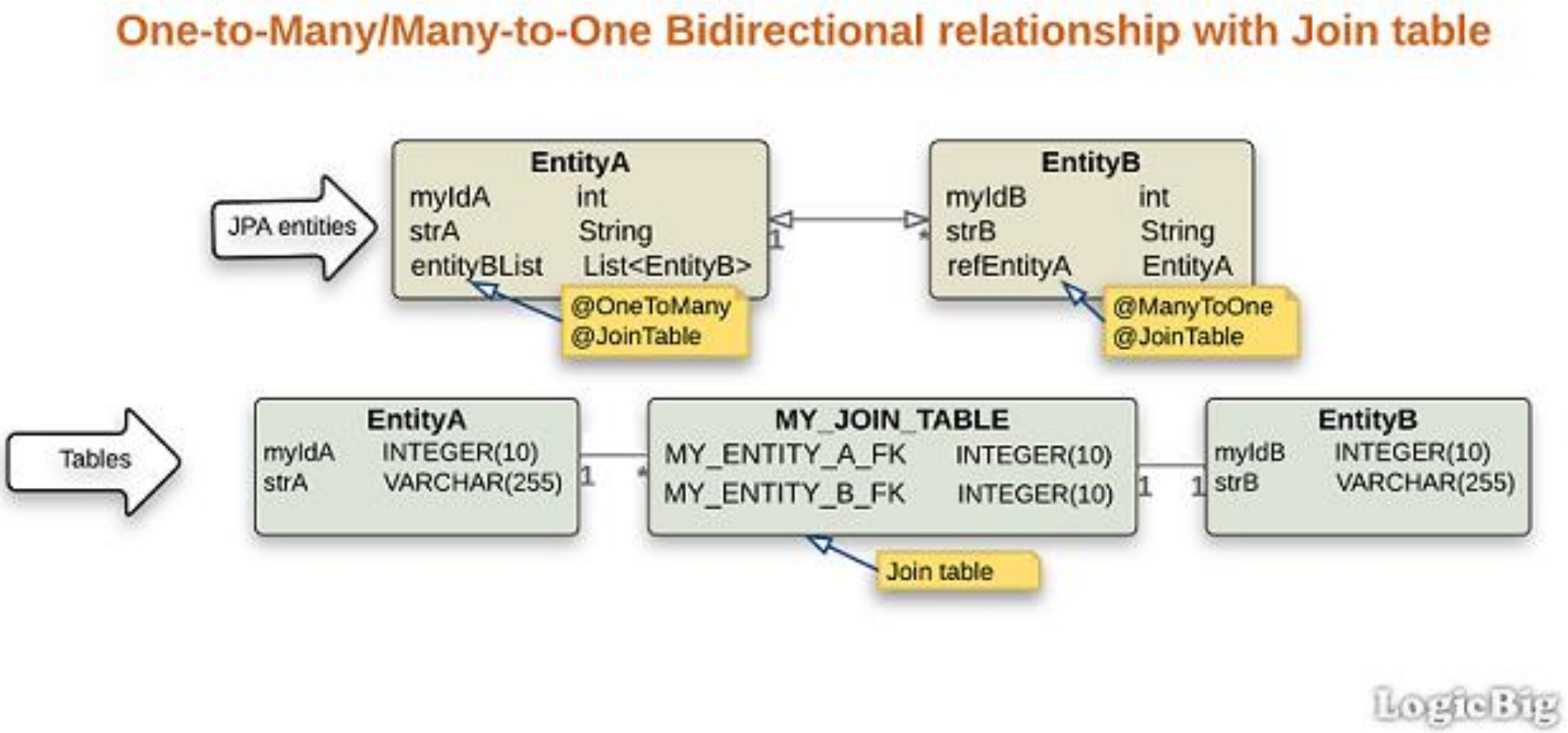
```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  private String strA;
  @OneToMany(mappedBy = "refEntityA")
  private List<EntityB> entityBList;
    .............
}
```

```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String strB;
  @ManyToOne
  private EntityA refEntityA;
    .............
}
```



©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA : *-1 et 1-* bidirectionnelle (java vs relationnel avec table association)



©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (association) : Annotation JPA : *1-** bidirectionnelle (en java avec table association)

```java
@Entity
public class EntityA {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdA;
  private String strA;
  @OneToMany
  @JoinTable(name = "MY_JOIN_TABLE",
          joinColumns = {@JoinColumn(name = "MY_ENTITY_A_FK", referencedColumnName = "myIdA")},
          inverseJoinColumns = {@JoinColumn(name = "MY_ENTITY_B_FK", referencedColumnName = "myIdB")}
  )
  private List<EntityB> entityBList;
    .............
}
```

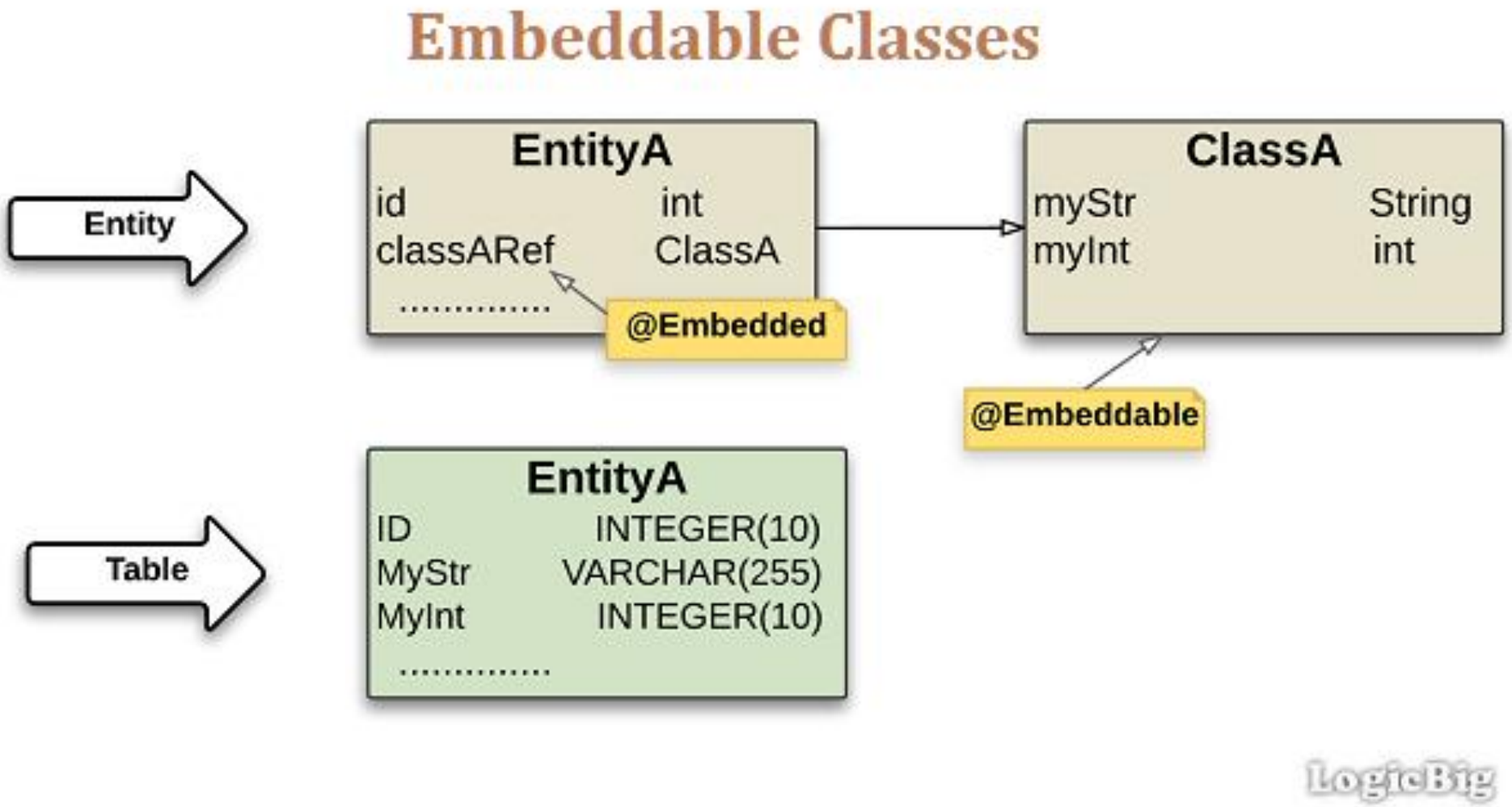

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (association) : Annotation JPA : *-1 bidirectionnelle (en java avec table association)

```java
@Entity
public class EntityB {
  @Id
  @GeneratedValue
  private int myIdB;
  private String strB;
  @ManyToOne
  @JoinTable(name = "MY_JOIN_TABLE",
          joinColumns = {@JoinColumn(name = "MY_ENTITY_B_FK", insertable = false,
                  updatable = false, referencedColumnName = "myIdB")},
          inverseJoinColumns = {@JoinColumn(name = "MY_ENTITY_A_FK", insertable = false,
                  updatable = false, referencedColumnName = "myIdA")}
  )
  private EntityA refEntityA;
    .............
}
```

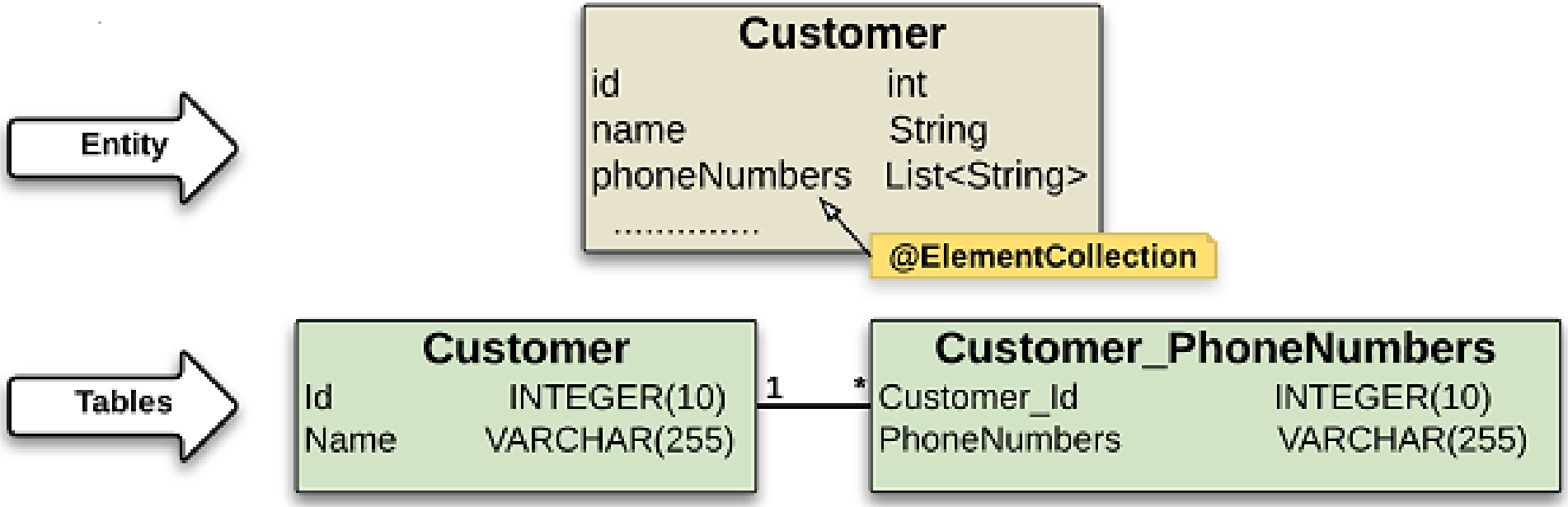

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (différence de granularité) : classe embarquée



Annotation JPA (différence de granularité) : correspondance de collection de valeurs

Basic Type Collection Mapping

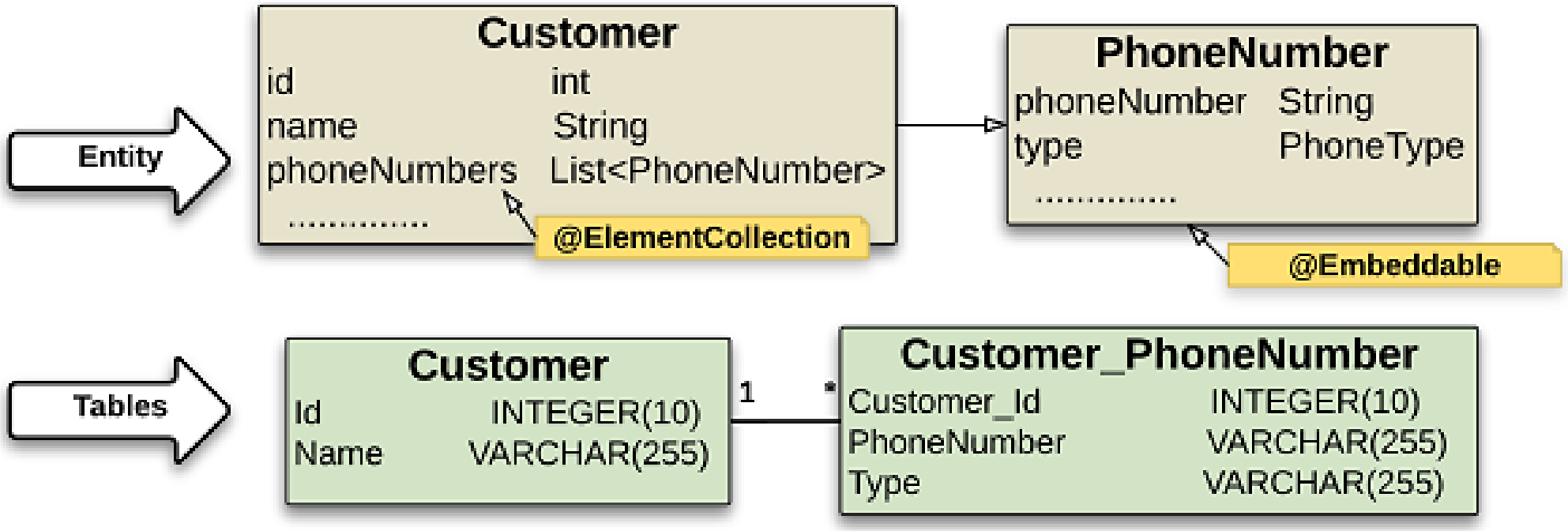


LogicBig

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA (différence de granularité) : correspondance de collection d'objets

Embeddable Collection Mapping



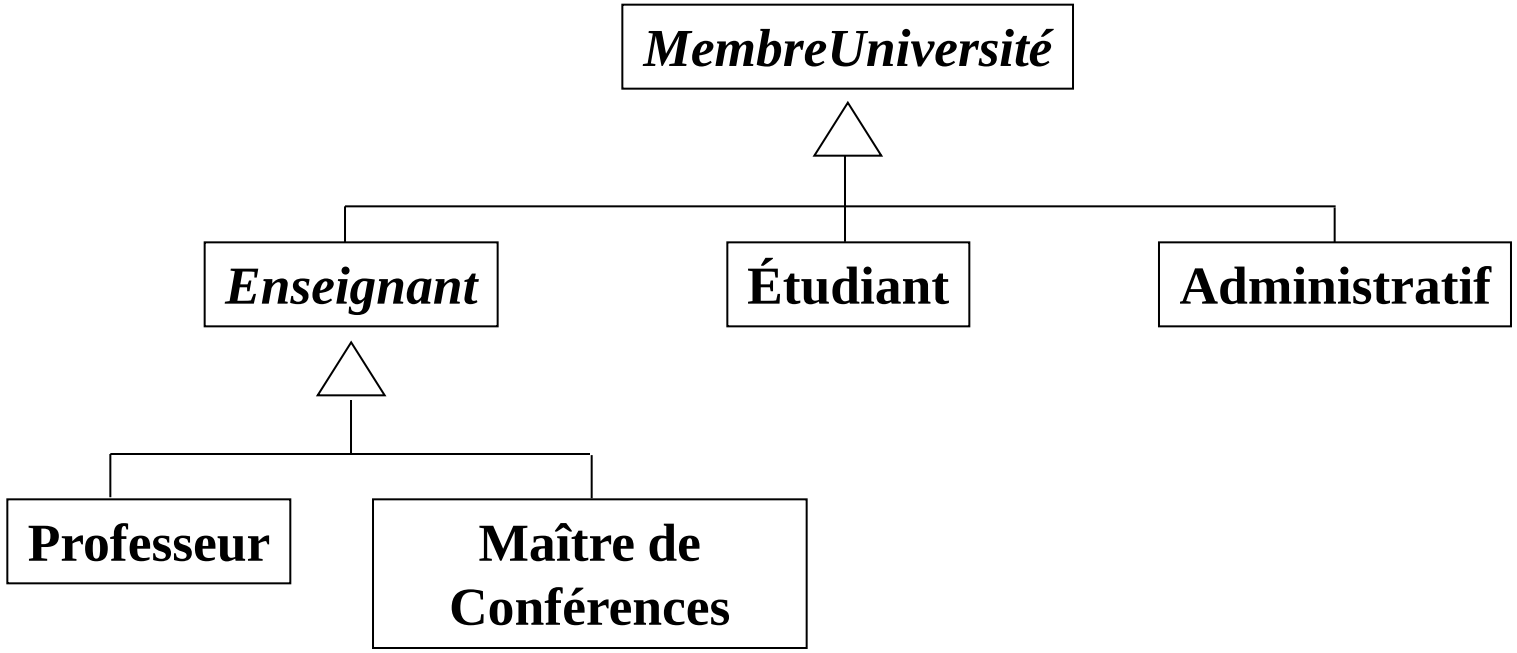
LogicBig

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Traduction de l'héritage (1/5) : 3 stratégies

Plusieurs méthodes :

1. Faire correspondre toutes les classes de la hiérarchie à une seule relation de bases de données
2. Représenter chaque classe (abstraite ou concrète) par une relation
3. Représenter chaque classe concrète par une relation



©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Traduction de l'héritage (2/5) : une seule relation pour toute la hiérarchie

1. Correspondance de toutes les classes de la hiérarchie avec une seule relation de bases de données :

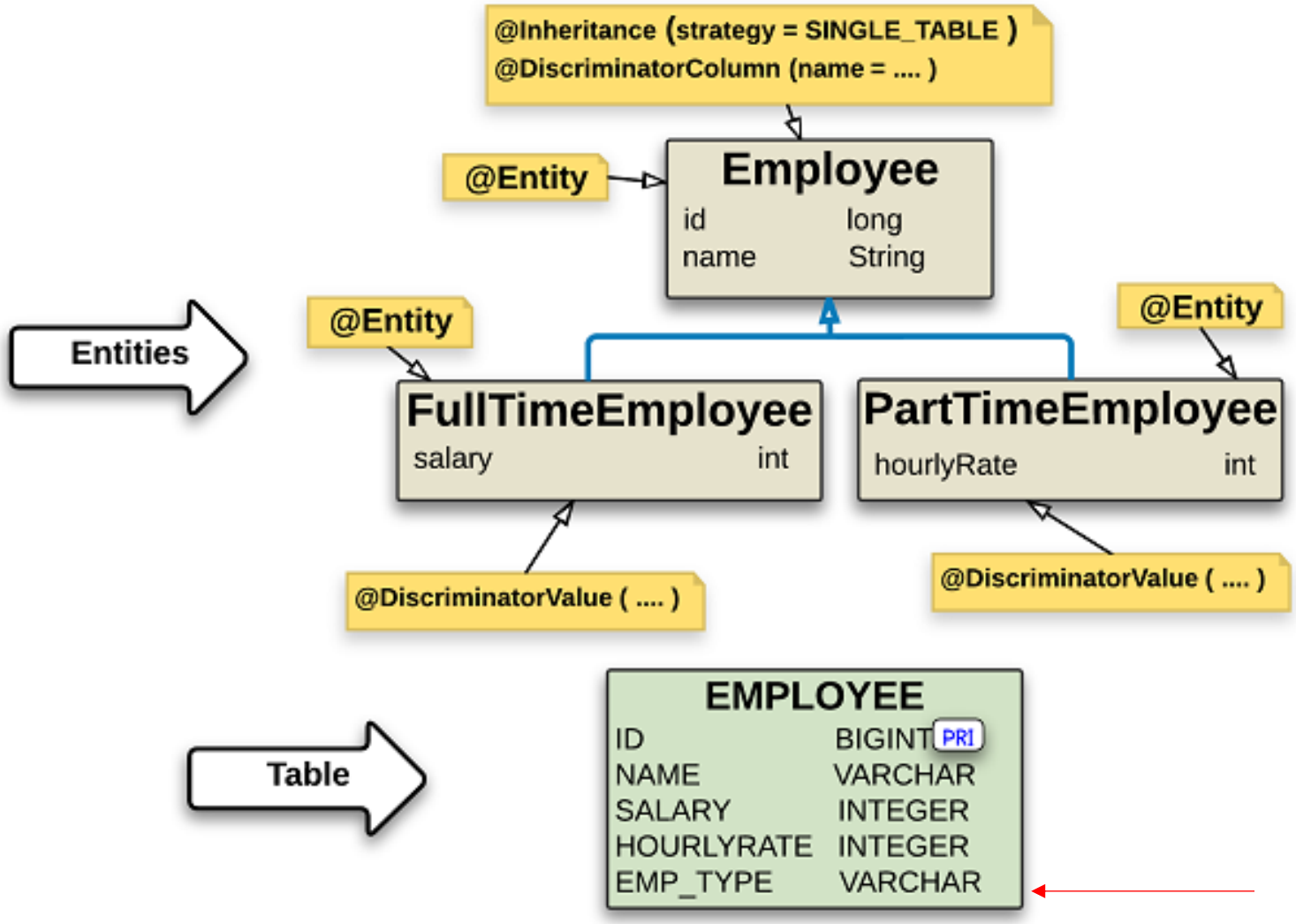
   Ex. une seule relation (correspondant à la racine du graphe) avec les attributs de chaque classe + un attribut type

   - Facile à mettre en place
   - Possibilité de requêtes et associations polymorphes
   - Obligation de gérer des valeurs NULL pour plusieurs colonnes
   - Pas de possibilité de déclarer une contrainte NOT NULL sur une de ces colonnes même si la contrainte doit être vérifiée

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Annotation JPA : une seule relation/hiérarchie

Single Table Inheritance Strategy



Colonne pour stocker la valeur du discriminateur

Traduction de l'héritage (3/5) : une relation par classe (abstraite ou concrète)

2. Représentation de chaque classe (abstraite ou concrète) par une relation :

⇒ Répartition des attributs d'un objet dans plusieurs relations

Ex. 1 objet Professeur correspond à un nuplet dans la relation Enseignant et à un nuplet dans la relation Professeur

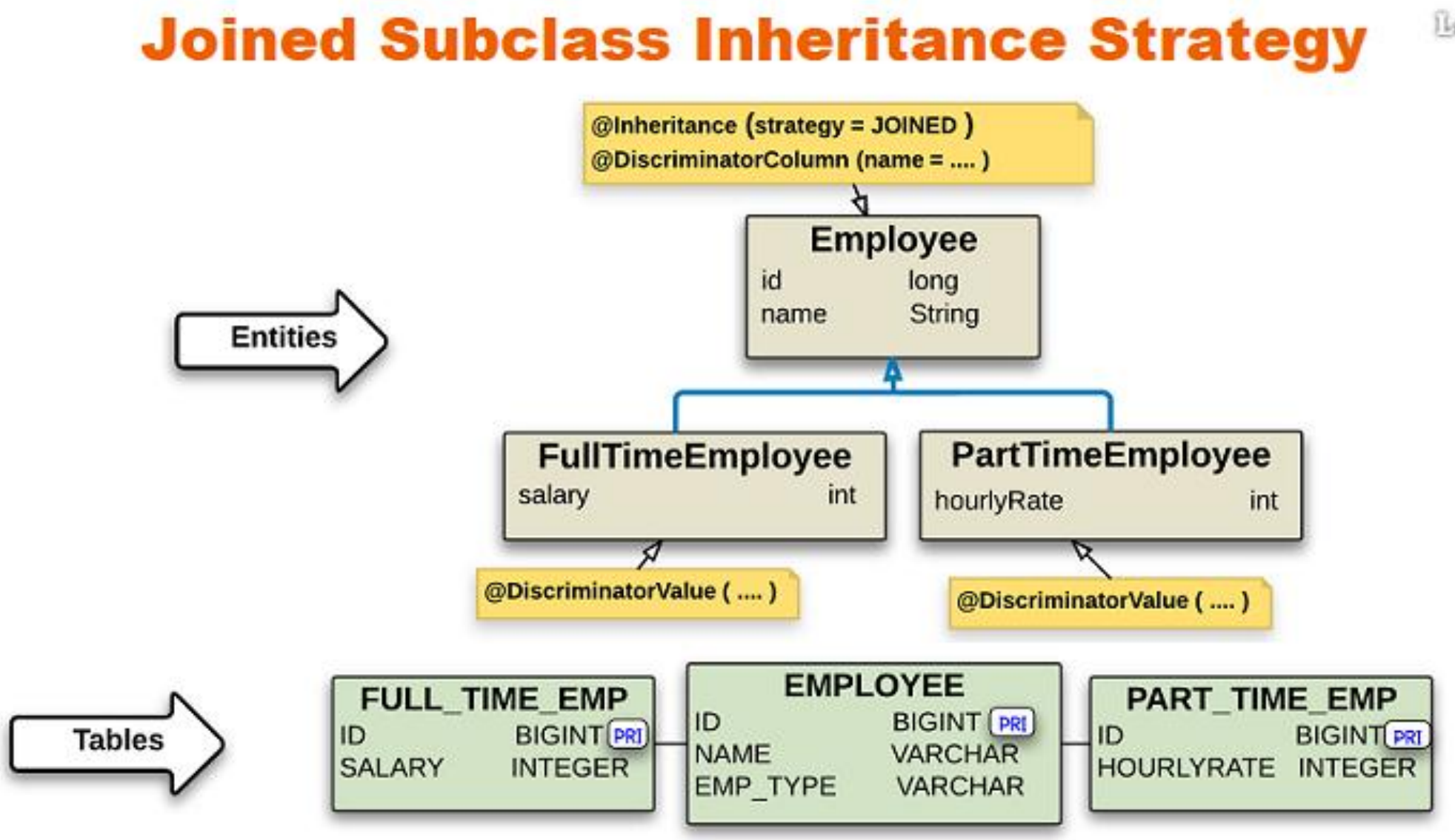
⇒ Préservation de l'identité en donnant la même valeur de clé primaire à chaque nuplet correspondant à l'objet dans les différentes relations

⇒ Clés primaires des relations correspondantes aux classes filles = clés étrangères faisant référence à la clé primaire de la relation correspondant à la classe mère

Ex. la clé primaire de la relation Professeur et aussi une clé étrangère qui fait référence à la clé primaire de la relation Enseignant

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

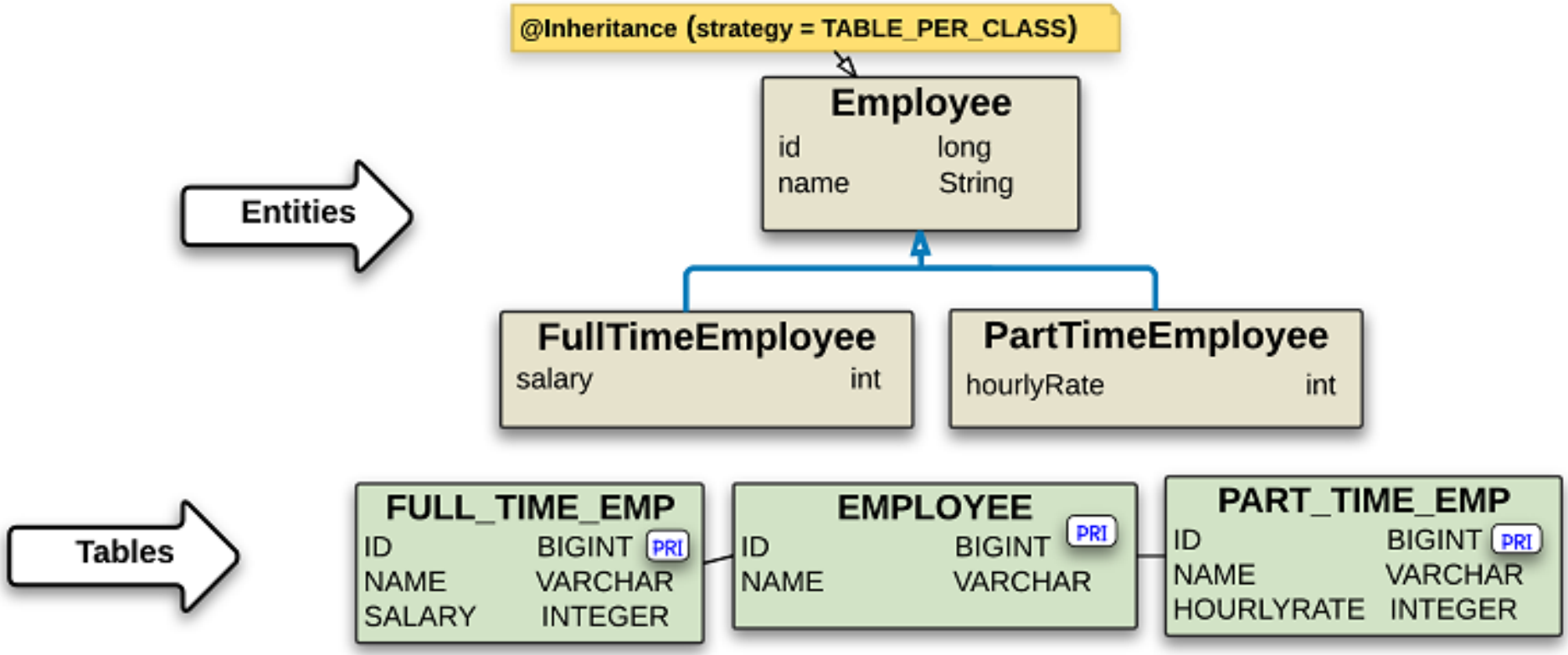
Annotation JPA pour une relation/classe : bijection relationnel/hiérarchie avec discriminateur



©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Annotation JPA pour une relation/classe : bijection relationnel/hiérarchie sans discriminateur

Table Per Class Inheritance Strategy



Traduction de l'héritage (4/5) : avantages et inconvénients d'une relation / classe (concrète ou abstraite)

2. Représentation de chaque classe (abstraite ou concrète) par une relation (suite) :

- Simple bijection entre les classes et les relations
- Possibilité de faire des requêtes et associations polymorphes
- Nombreuses jointures à faire en cas de hiérarchie complexe
- Possibilité de limiter certains problèmes en ajoutant des attributs dans les classes mères :

  Ex. un attribut type dans la relation `MembreUniversité` *pour éviter une jointure lors de la requête « quels sont les noms et prénoms des maîtres de conférences ? »*
- Problème de performances
- Vérification des contraintes d'intégrité

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Traduction de l'héritage (5/5) : une relation par classe concrète uniquement

3. Représentation de chaque classe concrète par une relation :
   - Correspondance de chaque classe concrète avec une relation contenant tous les attributs (même les attributs hérités) de la classe
   - En cas de classe concrète avec des classes filles : Clé primaire des relations correspondantes aux classes filles = clés étrangères faisant référence à la clé primaire de la relation correspondant à la classe mère

Pas de jointure pour retrouver les informations

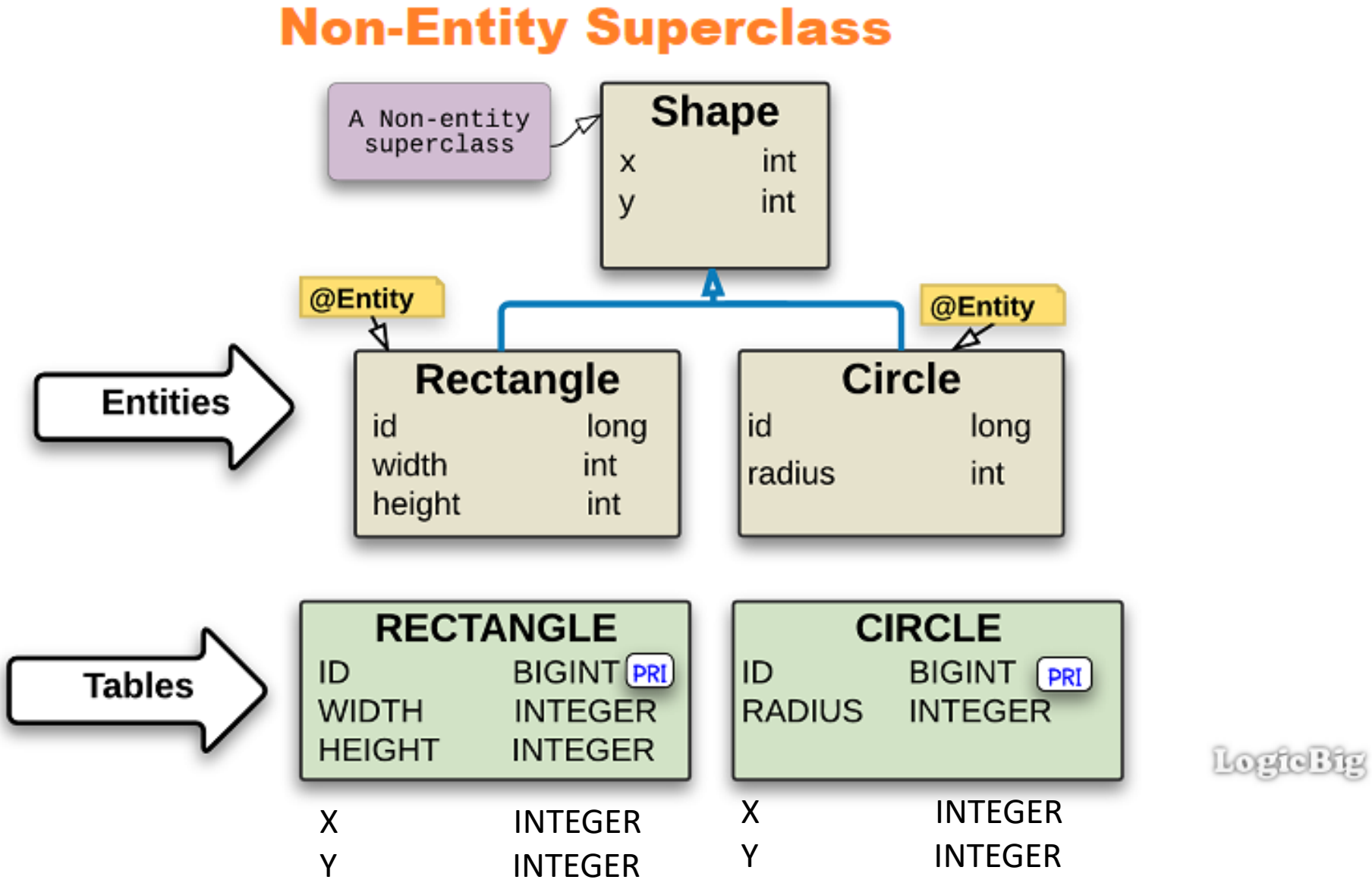
Problème pour les associations et requêtes polymorphes

Redondance d'information

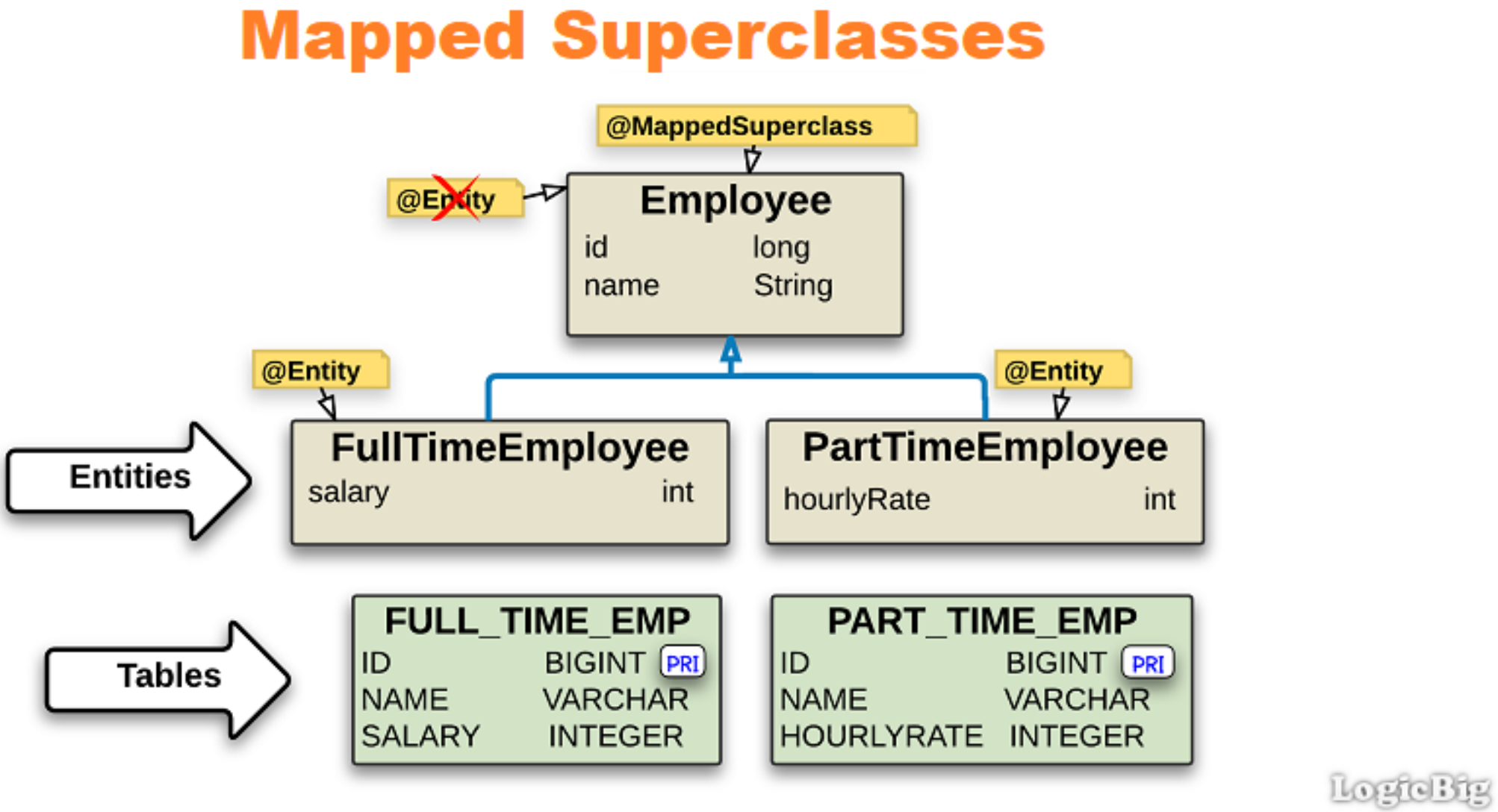
   - Pas de nécessité d'offrir cette solution dans les spec. JPA

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Annotation JPA : une relation/classe concrète pour une hiérarchie contenant une classe abstraite



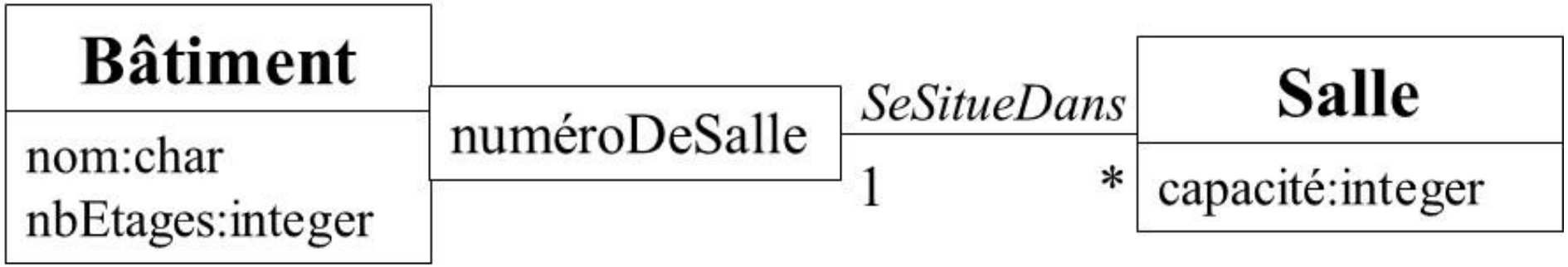
Annotation JPA : une relation/classe concrète pour une hiérarchie ne contenant pas de classe abstraite



©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* https://www.logicbig.com/tutorials/java-ee-tutorial/jpa/

Objet dépendant (1/2) : principes

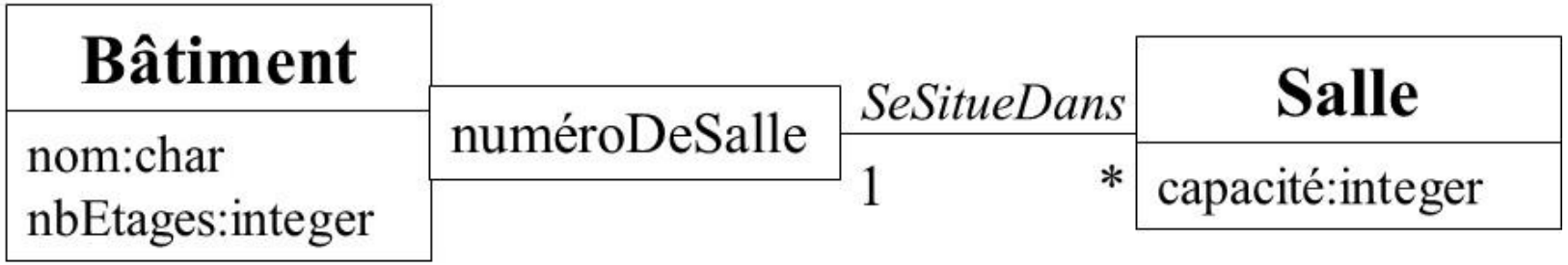
- Objet dont le cycle de vie dépend d'un autre objet (objet propriétaire)



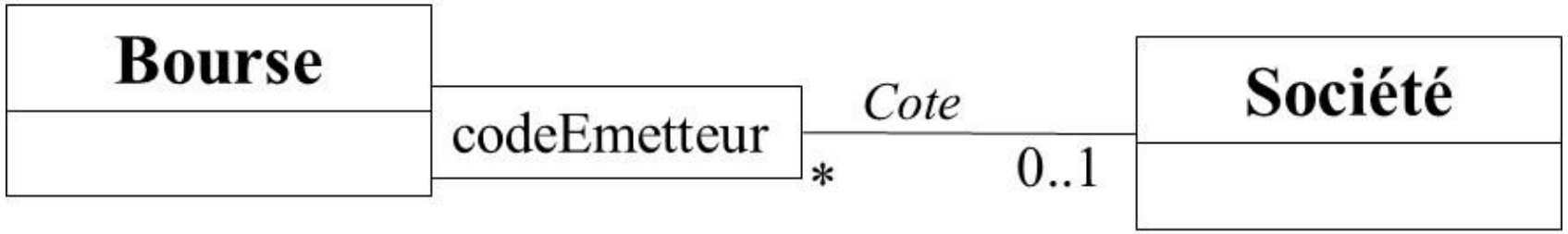
- Clé primaire de la relation correspondant à la classe des objets dépendants constituée de la clé primaire de de la relation correspondant à la classe des objets propriétaires
- Persistance d'un objet dépendant gérée par l'objet propriétaire (ou par le *DAO* de l'objet propriétaire)

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Objet dépendant (2/2) : exemples



Batiment(IDBatiment, nom, nbEtages)
Salle(#IDBatiment, numeroSalle, capacité)



Bourse (IDBourse, …)
Societe(IDSociete, …)
Cotation(#IDBourse, codeEmetteur, #IDSociete)

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

Navigation dans le graphe d'objets

Que faire lorsqu'un objet est créé à partir de données récupérées dans la base de données ?

- Récupération immédiate et création des objets associés

  Risque de récupération d'objets inutiles et mauvaises performances sans raison valable

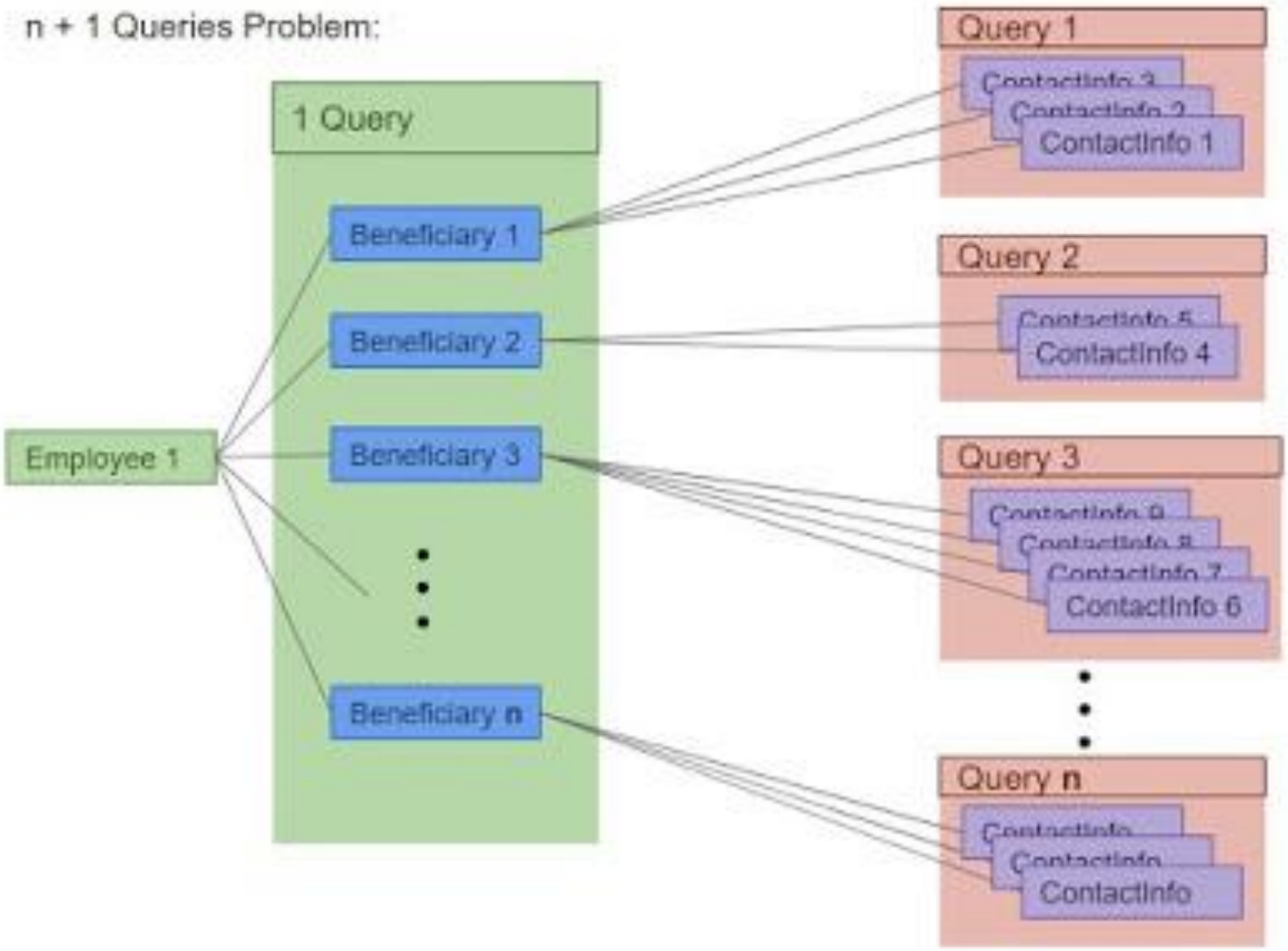
- Création des objets associés uniquement en cas d'accès par l'application (*lazy loading* ou récupération paresseuse ou à la demande)

  Problème des « N+1 Selects »

- Choix du type de récupération en fonction de la requête

©Maude Manouvrier - Univ. Paris-Dauphine

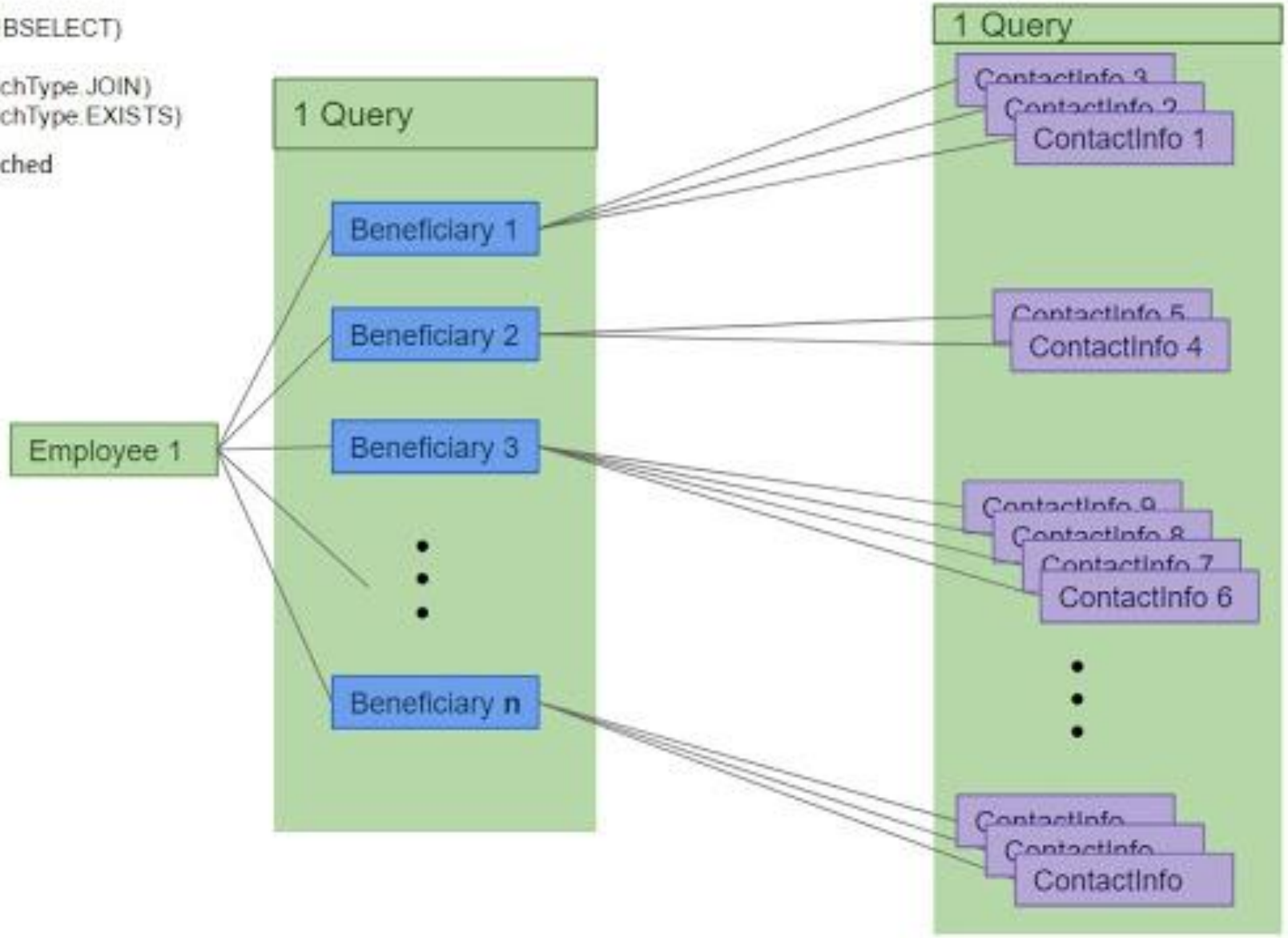
Problème des N+1 SELECT



Chargement : par sous-SELECT

Hibernate:
@Fetch(FetchMode.SUBSELECT)
Eclipselink:
@BatchFetch(BatchFetchType.JOIN)
@BatchFetch(BatchFetchType.EXISTS)

Now, n = # of *associations* batched

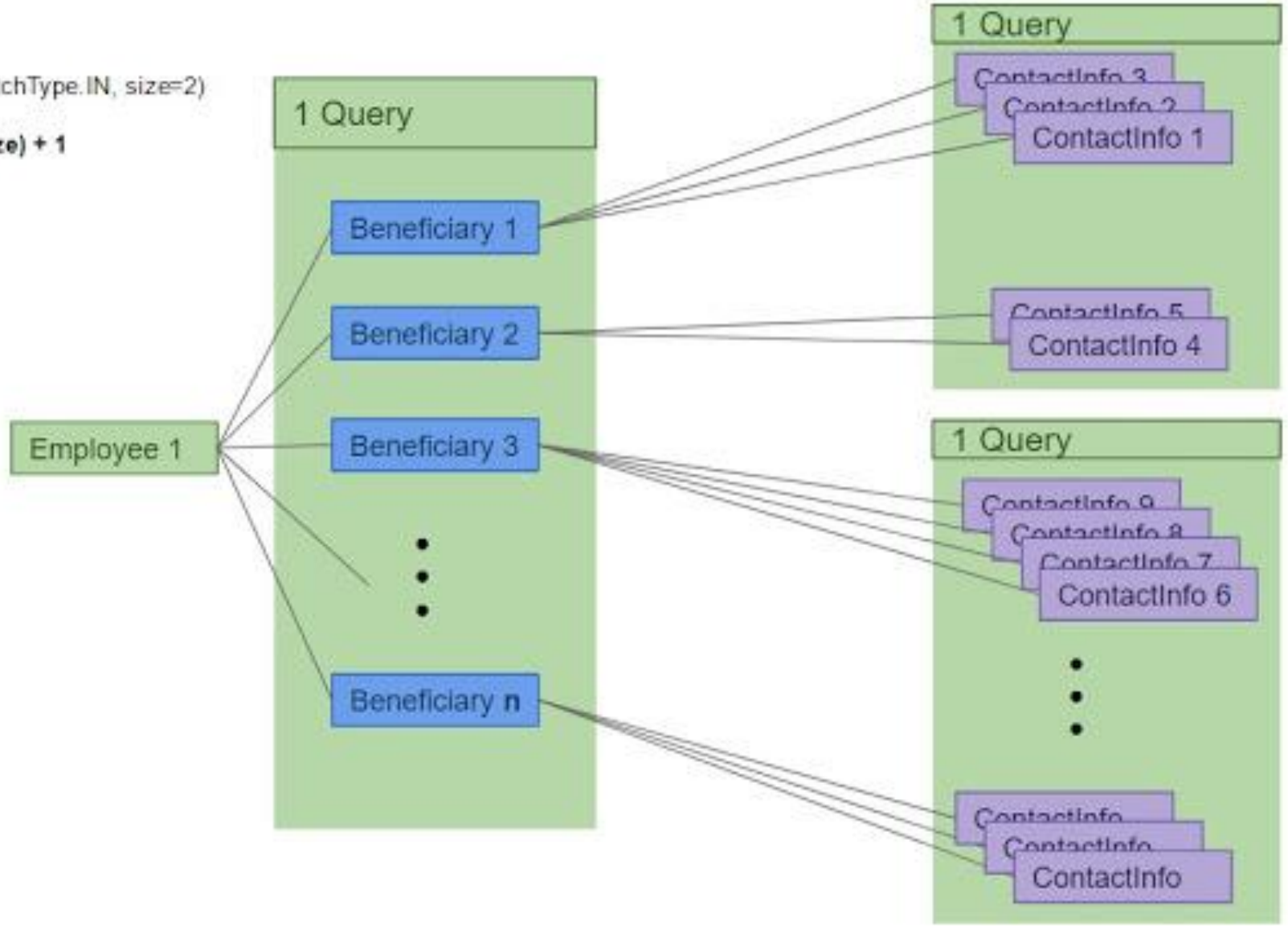


©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine – *repris de* http://briaguy.blogspot.com/2017/05/jpa-fetch-behavior-eclipselink-and.html

Chargement : par sous-SELECT par paquet

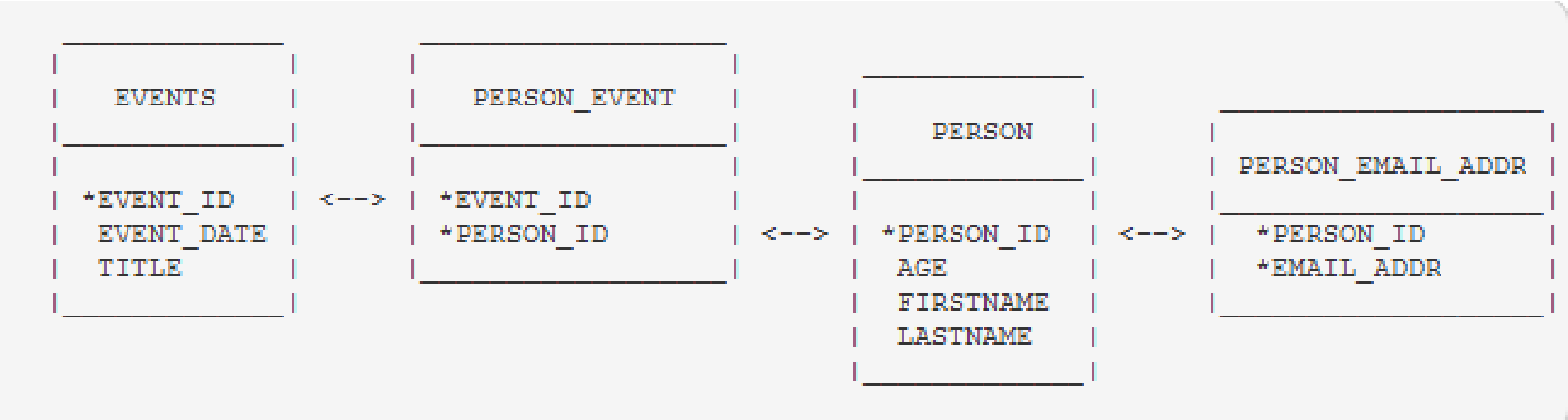
Hibernate:
@BatchSize(2)
Eclipselink:
@BatchFetch(BatchFetchType.IN, size=2)

Now, **n+1** becomes **(n/batchSize) + 1**



Exemple issu du tutoriel Hibernate

Modèle relationnel :



Modèle objet :

```
public class Person {

    private Long id;
    private int age;
    private String firstname;
    private String lastname;
    private Set events ;
    private Set emailAddresses ;
    …
}
```

```
public class Event {

    private Long id;
    private String title;
    private Date date;
    private Set participants;
    …
}
```

Tutoriel Hibernate : Exemples d'annotations

Exemple de la classe Person :

```
@Entity
@Table (name="PERSON")
public class Person {
    private Long id;
    private int age;
    private String firstname;
    private String lastname;
    public Person() {}

    // Accessor methods
    @Id@GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
    @Column(name="PERSON_ID")
    public Long getId() { return this.id; }

    private Set events = new HashSet();
    @ManyToMany
    @JoinTable( name="PERSON_EVENT",
                joinColumns=@JoinColumn(name="PERSON_ID"),
                inverseJoinColumns=@JoinColumn(name="EVENT_ID") )
    protected Set getEvents() { return events;}

    private Set emailAddresses = new HashSet();

    @CollectionOfElements
    @JoinTable( table=@Table(name="PERSON_EMAIL_ADDR"),
                joinColumns = @JoinColumn(name="PERSON_ID") )
    public Set getEmailAddresses() { return emailAddresses; }
}
```

Classe `event.Person` « mappée » en relation `PERSON`

Mapping de l'identifiant

Mapping de collection d'objets

Mapping de collection de valeurs

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Tutoriel Hibernate : exemples de nuplets

Modèle relationnel :

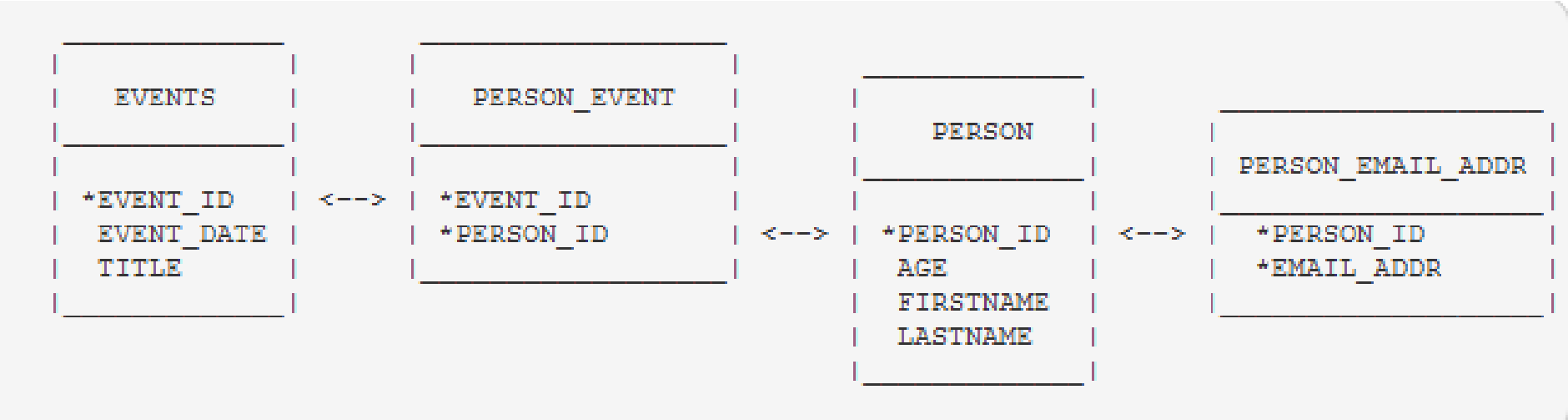


Table PERSON_EVENT

	event_id [PK] bigint	person_id [PK] bigint
1	3	2
2	6	2
3	3	4
4	3	5
5	7	5
6	8	5

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

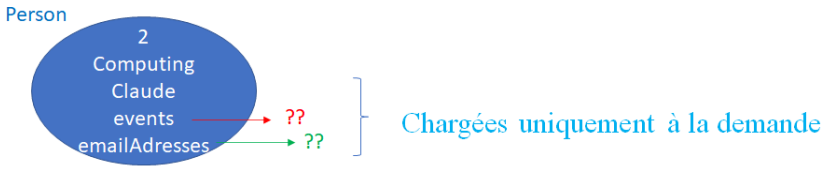
Tutoriel Hibernate : Exemple de génération de requêtes

- **Chargement tardif (*lazy*) par défaut pour les deux collections `events` et `participants` :**

```
Person aPerson1 = (Person) session.get(Person.class, new Long(2));
```

⇒ **`select … from PERSON person0_ where person0_.PERSON_ID=?`**

Récupération du nuplet correspondant à la personne 2



- **Chargement agressif (*eager*) pour la collection `events` avec stratégie par défaut (`select`):**

```
Person aPerson1 = (Person) session.get(Person.class, new Long(2));
```

⇒ **`select … from PERSON person0_ where person0_.PERSON_ID=?`**

⇒ **`select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`**

Chargement tardif (*lazy*) par défaut pour `participants`

Récupération du nuplet correspondant à la personne 2 et des événements associés à la personne 2, i.e. les évènements 3 et 6

- **Chargement agressif pour la collection `events` avec stratégie charg. par jointure (`join`) :**

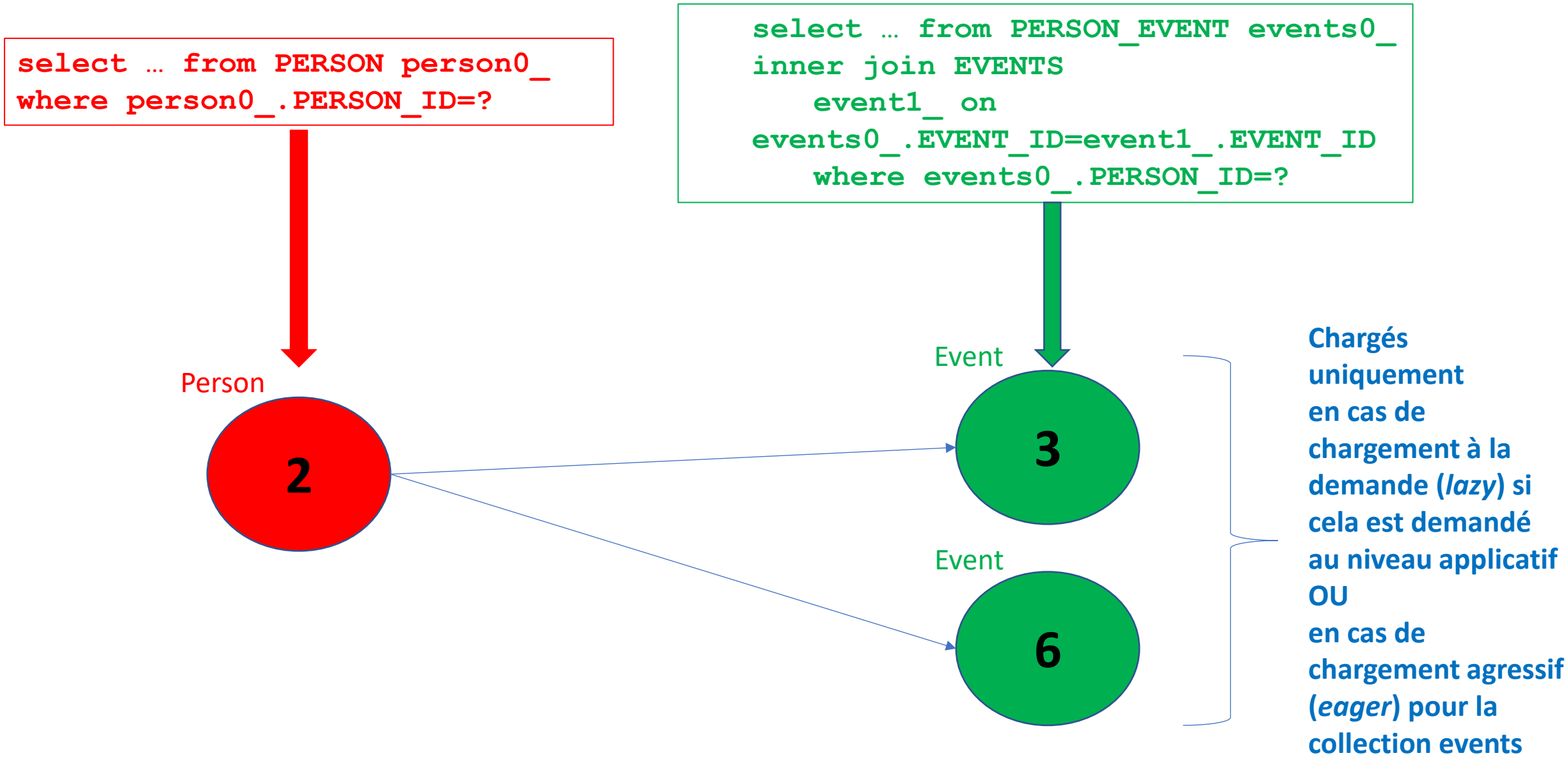
```
Person aPerson1 = (Person) session.get(Person.class, new Long(2));
```

⇒ **`select … from PERSON person0_ left outer join PERSON_EVENT events1_ on person0_.PERSON_ID=events1_.PERSON_ID left outer join EVENTS event2_ on events1_.EVENT_ID=event2_.EVENT_ID where person0_.PERSON_ID=?`**

Chargement tardif (*lazy*) par défaut pour `participants`

Récupération du nuplet correspondant à la personne 2 et des événements associés à la personne 2, i.e. les évènements 3 et 6

Tutoriel Hibernate : Exemple de graphe d'objets chargés en mémoire



Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (1/10)

```
Person aPerson1 = (Person) session.get(Person.class, new Long(2));
```

① `select … from PERSON person0_ where person0_.PERSON_ID=?`

② `select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`

③ `select … from PERSON_EVENT participan0_ inner join PERSON person1_ on participan0_.PERSON_ID=person1_.PERSON_ID where participan0_.EVENT_ID=?`

2 fois car 2 événements au lieu du sous select!! Une fois pour l'événement 3 et une fois pour le 6

④ `select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`

⑤ `select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`

⑥ `select … from PERSON_EVENT participan0_ inner join PERSON person1_ on participan0_.PERSON_ID=person1_.PERSON_ID where participan0_.EVENT_ID=?`

2 fois car 2 événements au lieu du sous select!! Une fois pour l'événement 7 et une fois pour le 8

Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (2/10)

Table PERSON_EVENT

	event_id [PK] bigint	person_id [PK] bigint
1	3	2
2	6	2
3	3	4
4	3	5
5	7	5
6	8	5

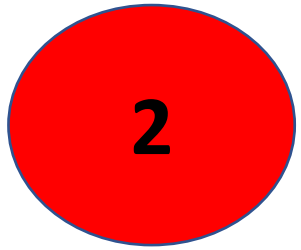
① Récupération du nuplet correspondant à la personne 2
② Récupération des événements associés à la personne 2 : 3 et 6
③ Récupération des personnes associées aux événements associés à la personne 2 : (3,2) ; (3,4); (3,5) et (6,2) => *2 requêtes, une requête / événement*
④ Récupération des événements associés à la personne 4 : il n'y a que 3
⑤ Récupération des événements associés à la personne 5 : 3, 7 et 8
⑥ Récupération des personnes associées aux événements associés à la personne 5 : aucun => *2 requêtes, une requête / événement*

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (3/10)

Après l'exécution de la requête 1 :

Person

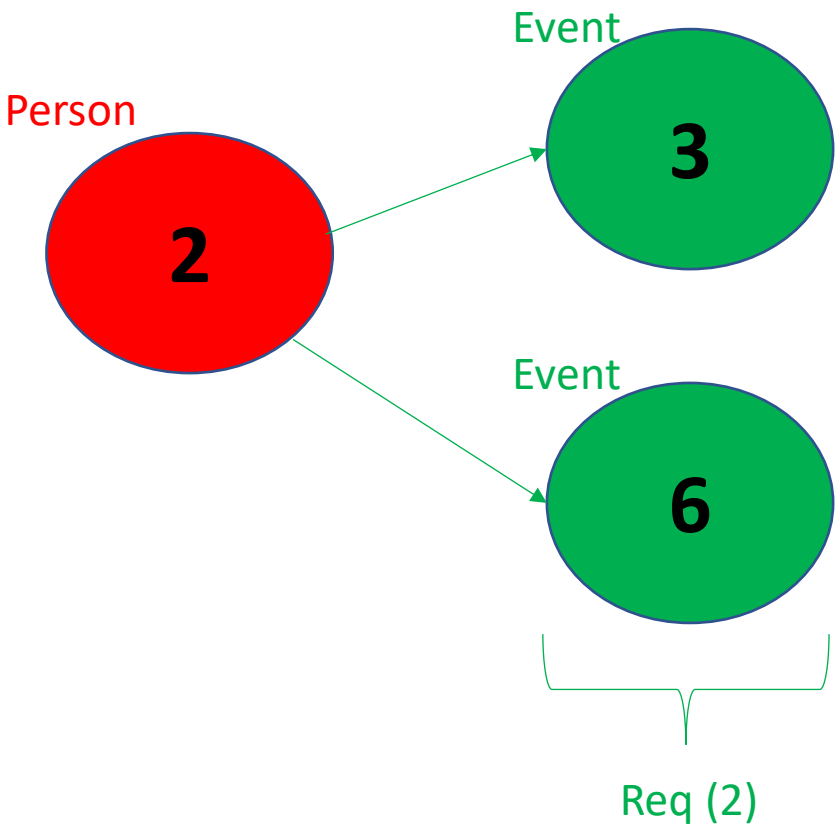


Req (1)

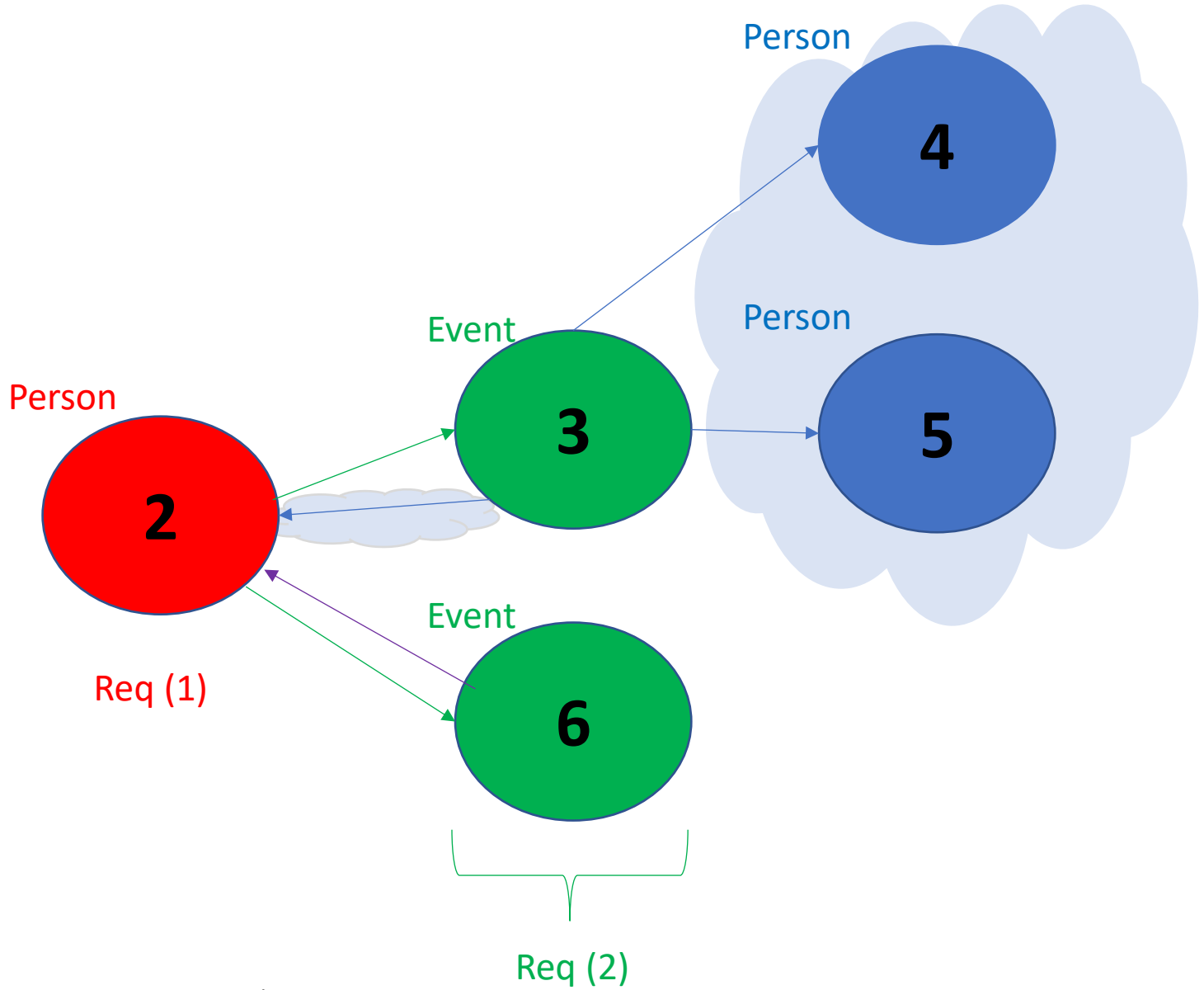
©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (4/10)

Après l'exécution de la requête 2 :

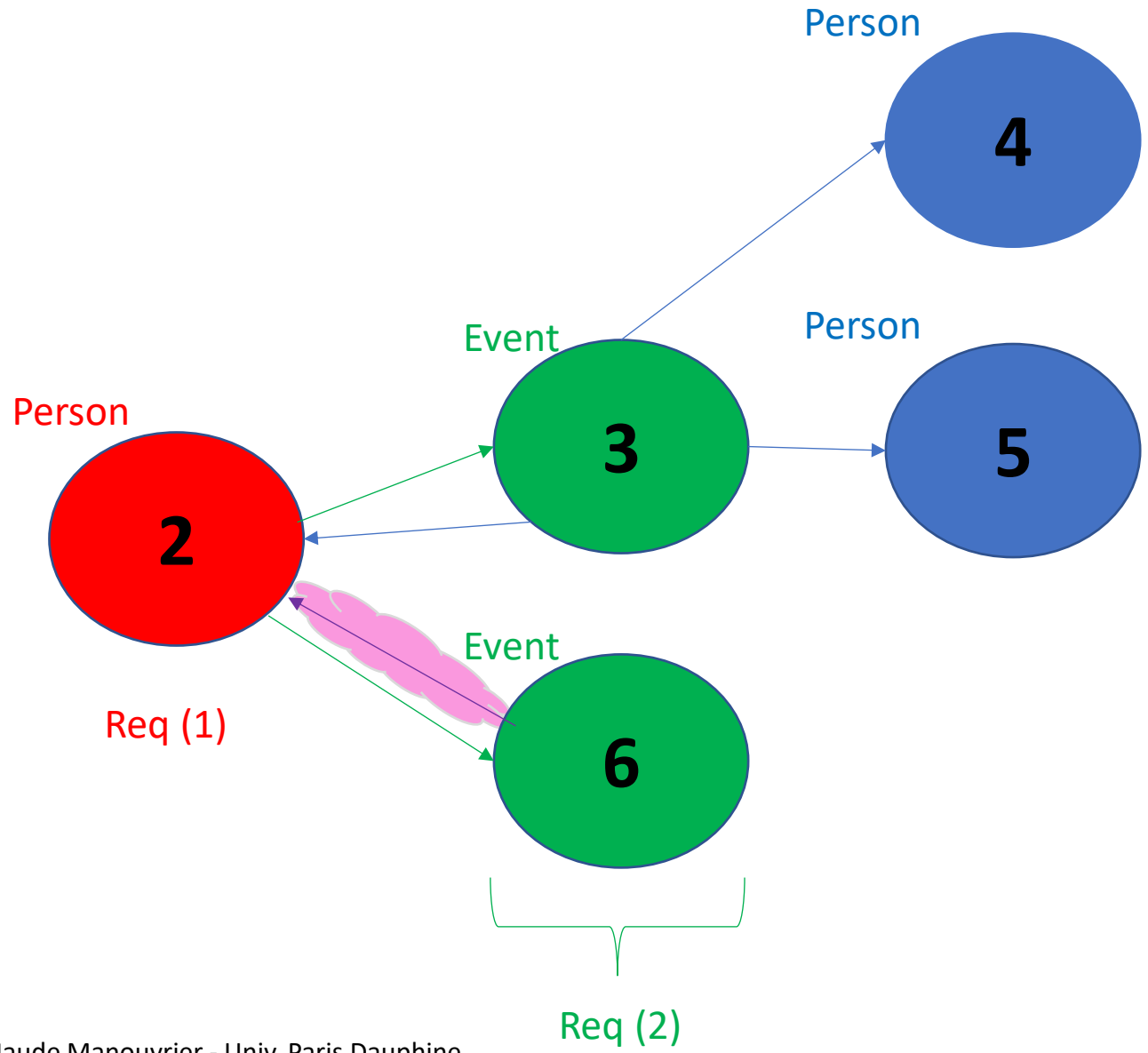


Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (5/10)



Après l'exécution de la requête 3 pur l'événement 3

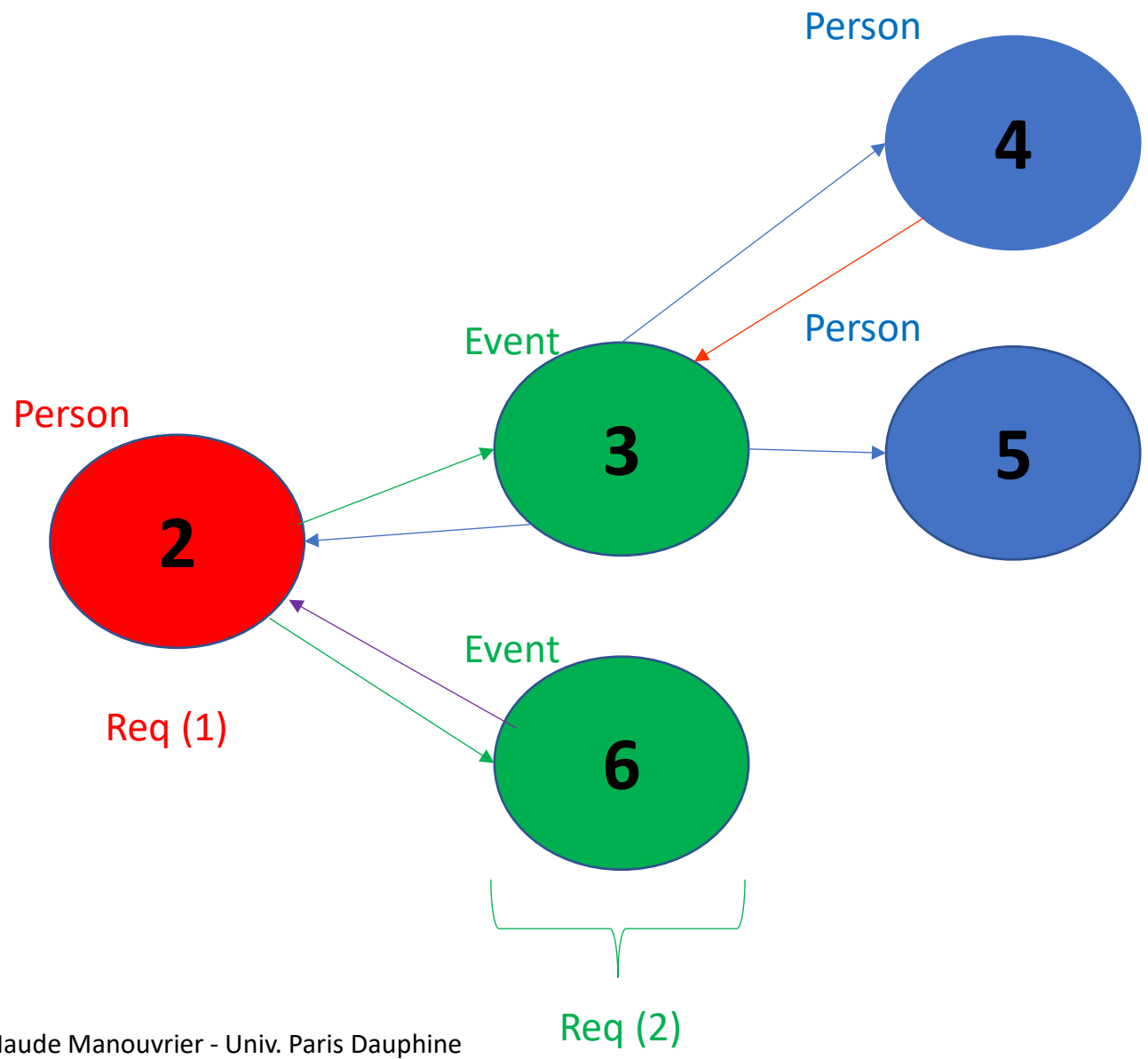
Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (6/10)



Après l'exécution de la requête 3 pur l'événement 6

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

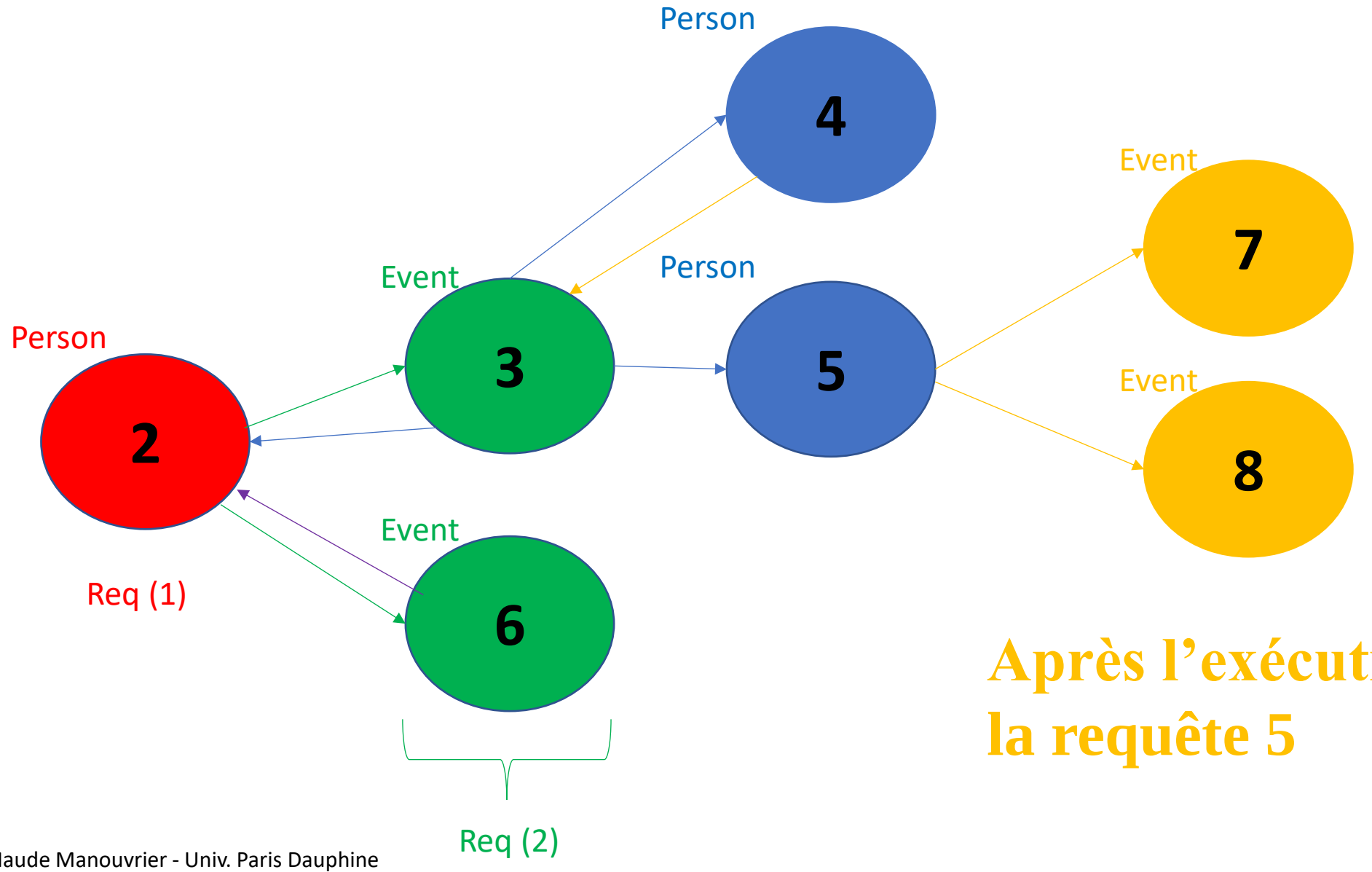
Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (7/10)



Après l'exécution de la requête 4

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

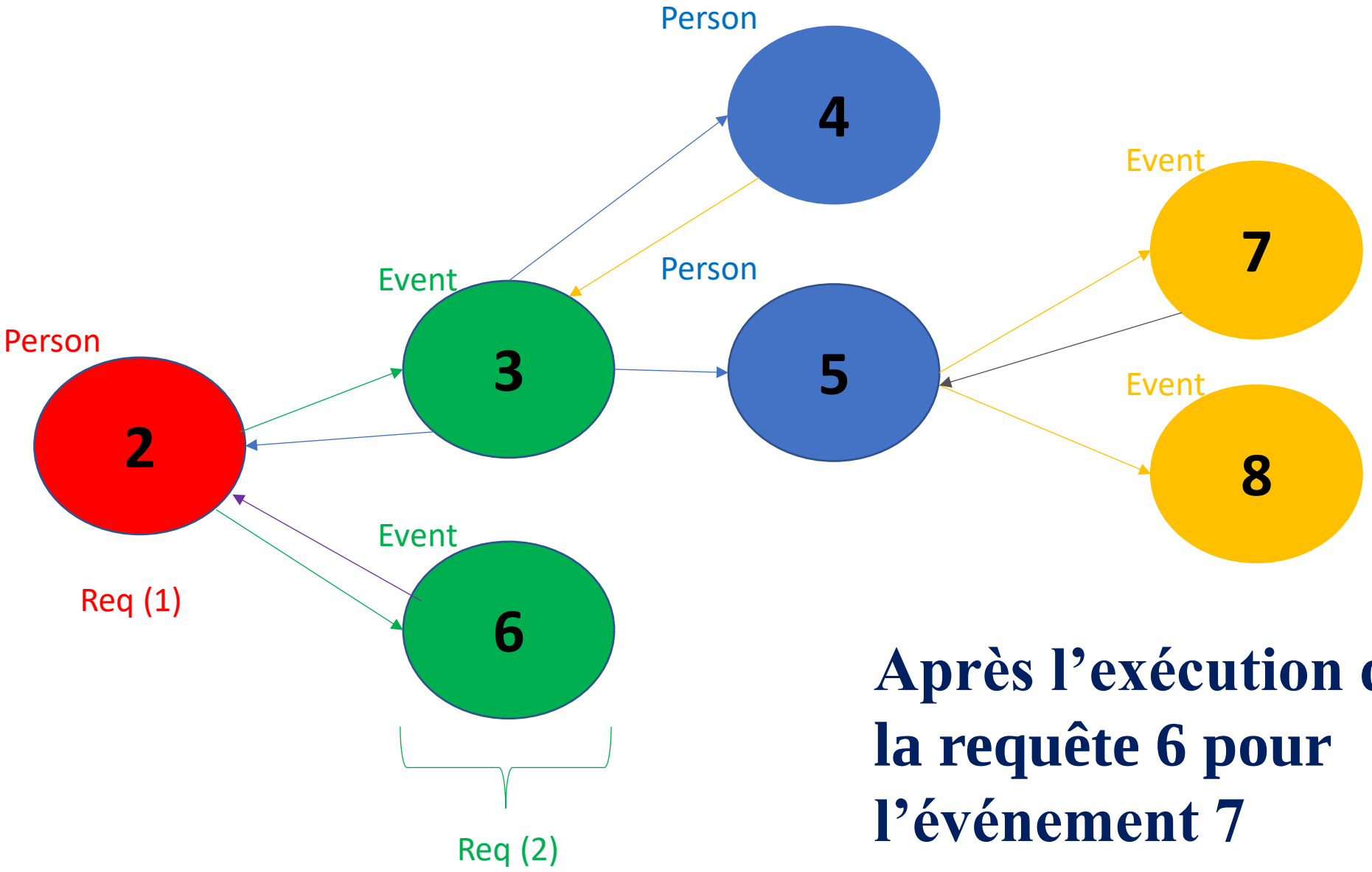
Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (8/10)



Après l'exécution de la requête 5

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

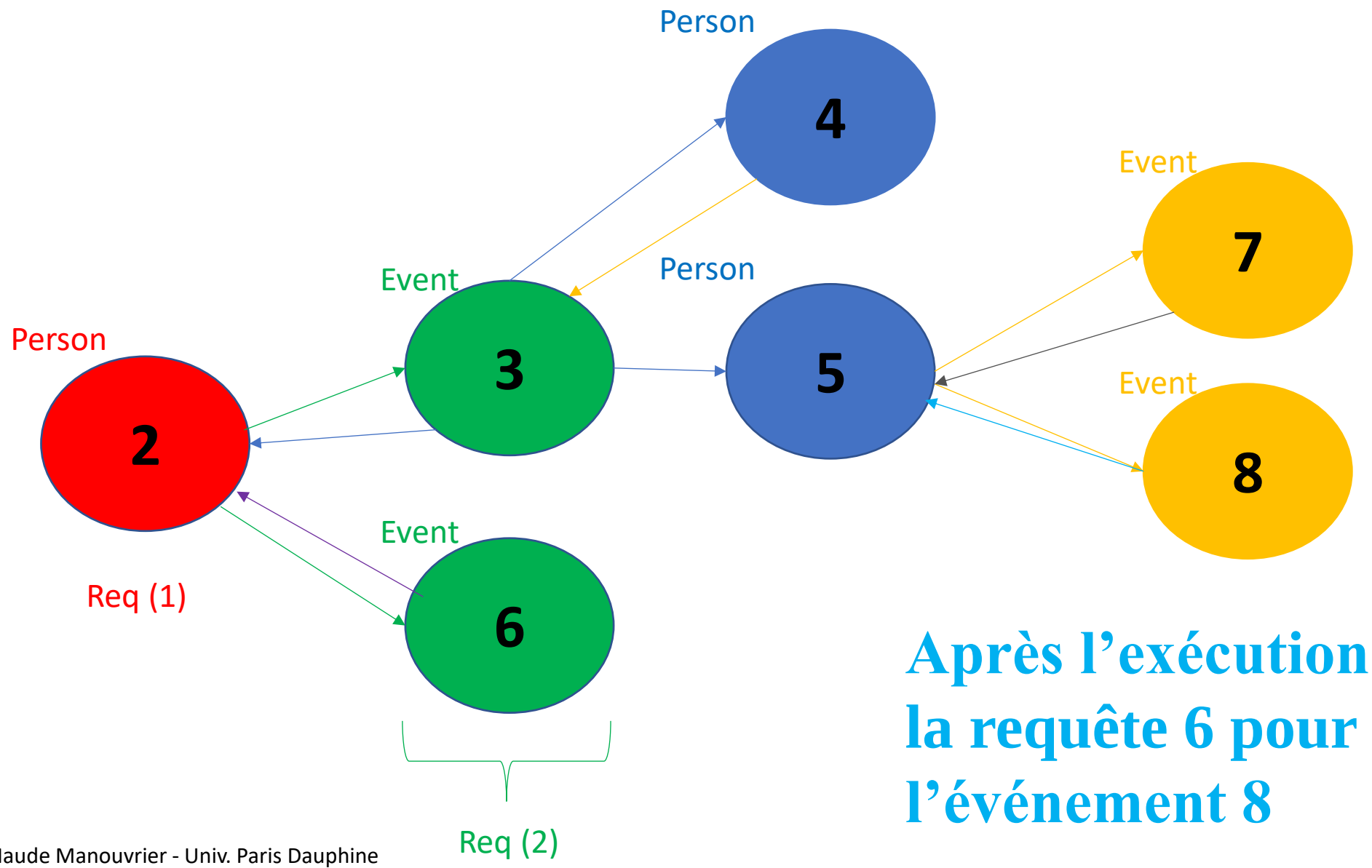
Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (9/10)



Après l'exécution de la requête 6 pour l'événement 7

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par select pour la coll. Participants (10/10)



Après l'exécution de la requête 6 pour l'événement 8

Tutoriel Hibernate : Charg. agressif pour les 2 collections et avec stratégie charg. par sous-select pour la coll. Participants

```
Person aPerson1 = (Person) session.get(Person.class, new Long(2));
```

① `select … from PERSON person0_ where person0_.PERSON_ID=?`

② `select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`

③ `select … from PERSON_EVENT participan0_ inner join PERSON person1_ on participan0_.PERSON_ID=person1_.PERSON_ID where participan0_.EVENT_ID in (select event1_.EVENT_ID from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?)`

Récupération via une seule req. des participants associés aux événements associés à la personne 2

④ `select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`

⑤ `select … from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?`

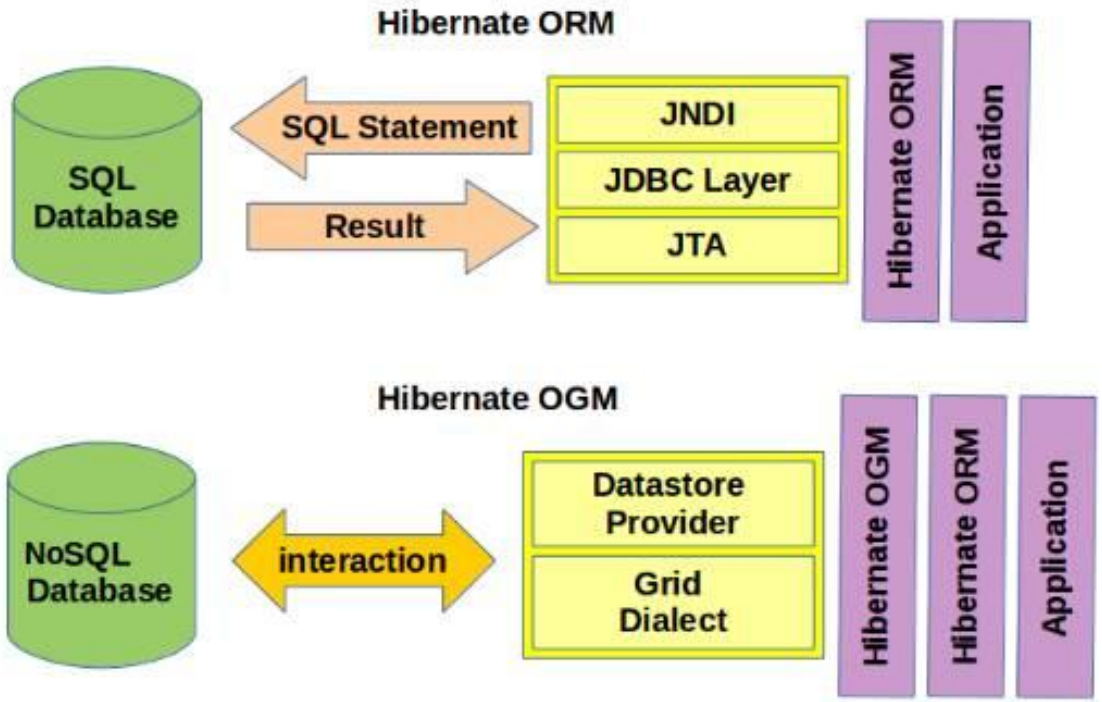
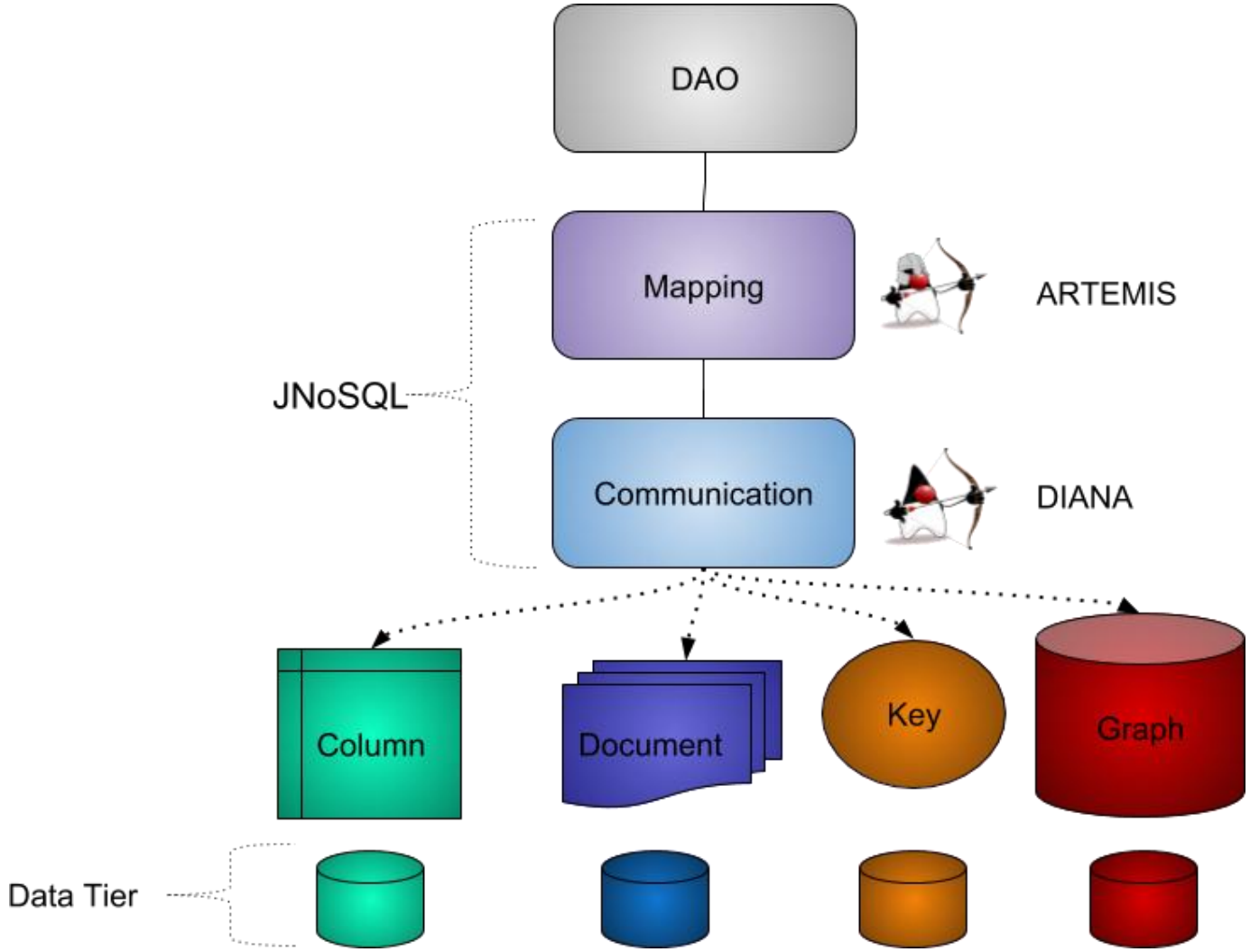
⑥ `select … from PERSON_EVENT participan0_ inner join PERSON person1_ on participan0_.PERSON_ID=person1_.PERSON_ID where participan0_.EVENT_ID in (select event1_.EVENT_ID from PERSON_EVENT events0_ inner join EVENTS event1_ on events0_.EVENT_ID=event1_.EVENT_ID where events0_.PERSON_ID=?)`

Récupération via une seule req. des participants associés aux événements associés à la personne 5

ORM pour le NoSQL

- **Hibernate Object/Grid Mapper (OGM)** : https://hibernate.org/ogm/
  - Clé-valeur : Infinispan
  - Document : MongoDB
  - Graphe : Neo4j
  - + Cassandra, Redis, CouchDB (expérimental - développement par la communauté)
- **Eclipse JNoSQL** : https://www.jnosql.org/
  - Implémentation de référence de Jakarta NoSQL
  - Couche de communication (Diana) : qui fournit un ensemble d'API conçues pour définir la communication avec les bases de données NoSQL
  - une couche de correspondance (Artemis) : qui fournit un ensemble d'API permettant aux développeurs d'intégrer des applications Java à des bases de données NoSQL
  - Fonctionne avec plusieurs moteurs NoSQL

Hibernate OGM



Eclipse JNoSQL