Bases de données relationnelles

-

Modélisation entités-associations et Modèle relationnel

2024-2025

NEGRE Elsa

Sources : G. Gardarin, R. Grin, M. Manouvrier, T-L. Nguyen

Programme

- CM/TD (5 séances) :
  - Modélisation et Modèle relationnel
  - SQL
- TP (1 séance) :
  - SQL (N. BOSSUT)
- Evaluation : 100% Examen

Introduction

- **Base de données** :
  - collection d'informations ou de données qui existent sur une **longue période de temps** [UW97] et qui décrivent les activités d'une ou plusieurs organisations [RG00]
  - ensemble de données **modélisant les objets d'une partie du monde réel** et servant de support à une application informatique [Gar99]

  - *Exemple 1 :*
    - *Organisation: une bibliothèque*
    - *Données: les livres, les emprunts, les emprunteurs, …*
  - *Exemple 2 :*
    - *Organisation: une Université*
    - *Données: les étudiants, les enseignants, les cours, ...*

Introduction

- **SGBD** : Systèmes de Gestion de Bases de Données (*DataBase Management Systems - DBMS*)
  - **ensemble de logiciels systèmes** permettant aux utilisateurs d'insérer, de modifier, et de rechercher efficacement des données spécifiques dans **une grande masse d'informations** (pouvant atteindre plusieurs milliards d'octets) **partagée par de multiples utilisateurs** [Gar99]

  - *Exemples : MySQL, PostgreSQL (utilisé en TP), Oracle, Microsoft SQLServer, …*
  - *https://db-engines.com/en/ranking/relational+dbms*

SGBD

- Principaux composants :
  - Système de gestion de fichiers
  - Gestionnaire de requêtes
  - Gestionnaire de transactions

- Principales fonctionnalités :
  - Contrôle de la redondance d'information
  - Partage des données (car plusieurs utilisateurs en même temps)
  - Gestion des autorisations d'accès
  - Vérifications des contraintes d'intégrité
  - Sécurité et reprise sur panne

Exemple de transaction

Virement d'une somme *X* d'un compte *A* vers un compte *B*:

1. Vérifier que *SoldeA*>= *X* (Lecture)
2. *SoldeA*= *SoldeA*–*X* (Ecriture)
3. *SoldeB*= *SoldeB*+ *X* (Ecriture)

Atomicité: les 3 opérations seront effectuées ou aucune

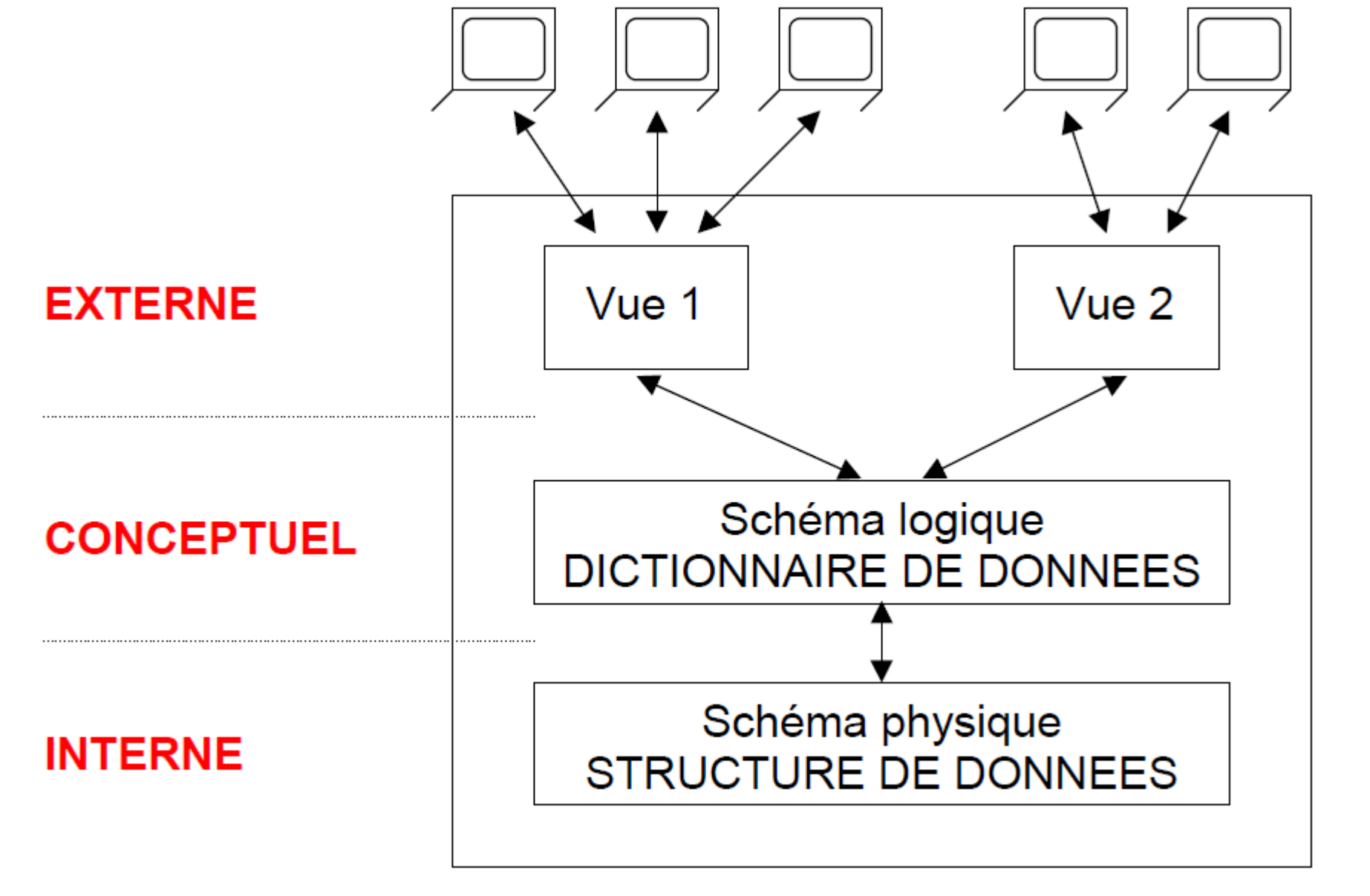
Cohérence: la base est cohérente au début de la transaction et à la fin de son exécution

Isolation: les mises à jour de la transaction ne sont visibles qu'à la fin de son exécution

Durabilité: une fois validées, les mises à jour doivent être pérennes même en cas de panne.

Abstraction des données (3 niveaux)

- **Niveau interne ou physique** :
  - plus bas niveau
  - indique **comment** (avec quelles structures de données) sont stockées physiquement les données
- **Niveau logique ou conceptuel** :
  - décrit par un **schéma conceptuel** *ou logique*
  - indique quelles sont les données stockées et quelles sont leurs relations **indépendamment de l'implantation physique**
- **Niveau externe ou vue** :
  - **propre à chaque utilisateur**
  - décrit par un ou plusieurs **schémas externes**



Source : IUT Nice – Cours SGBD1

Petit historique

- **1960** : systèmes de gestion de fichiers
- **1970** : début des SGBD réseaux et hiérarchiques proches des systèmes de gestion de fichiers ⇒ pas d'interrogation sans savoir où est l'information recherchée ("navigation") et sans écrire de programmes
- **1970** : papier fondateur de CODD sur la théorie des relations

  fondement de la théorie des bases de données relationnelles

  INGRES à Berkeley - langage QUEL

  System R IBM à San Jose - langages SEQUEL et QBE
- **1980** : **Apparition des SGBD relationnels sur le marché** (Oracle, Ingres, Informix, Sybase, DB2 …)
- **1990** : **début des SBGD orientés objet** (Gemstone, O_2, Orion, Objectstore, Versant, Matisse...).
- **Aujourd'hui** : **relationnel-objet, semi-structuré, multimédia ...**

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages de référence utilisés pour le cours :

- T. Connoly, C. Begg et A. Strachan, *Database Systems A Pratical Approach to Desigh, Implementation and Management*, 1998, ISBN: 0-201-34287-1,
- G. Gardarin, *Bases de Données - objet/relationnel*, Eyrolles, 1999, ISBN: 2-212-09060-9, disponible à la BU 005.74 GAR
- R. Ramakrishnan et J. Gehrke, *Database Management Systems*, Second Edition; McGraw-Hill, 2000, ISBN: 0-07-232206-3, disponible à la BU 055.7 RAM
- A. Silberschatz, H.F. Korth et S. Sudarshan, *Database System Concepts*, McGraw-Hill, 1996, ISBN: 0-07-114810-8, disponible à la BU 005.7 DAT
- J.D. Ullman et J. Widom, *A first Course in Database Systems*, Prentice Hall, 1997, ISBN: 0-13-887647-9, disponible à la BU 005.7 ULL
- F. Brouad, R. Bruchez, C. Soutou, *SQL*, Syntex Informatique, Pearson, 2012, ISBN: 978-2-7440-7630-5, disponible à la BU 005.72 SQL

BIBLIOGRAPHIE

Autres ouvrages de référence, disponibles à la BU :

- C.J. Date, *An Introduction to Database Systems*, Addison Wesley
- C.J. Date, *A Guide to SQL Standard*, Addison Wesley
- R.A. El Masri et S.B. Navathe, *Fundamentals of Database Systems*, Prentice Hall

Ouvrages pédagogiques contenant des exercices corrigés :

- Philip J. Pratt, *Initiation à SQL - Cours et Exercices corrigés*, Eyrolles, 2001 – BU : 005.72 SQL
- Christian Soutou, *De UML à SQL - Conception de bases de données*, Eyrolles, 2002 – BU : 005.72 SOU
- F. Brouard, C. Soutou , *SQL (Synthèse de cours et exercices corrigés)*. Pearson Education 2005 – BU : 005.72 SQL
- Christian Soutou, *SQL Pour Oracle (avec exercices corrigés)*, Eyrolles, 2005 – BU 005.72 SOU
- Nicolas Larousse, Création de bases de données, Coll. Synthex, Pearson Education, 2006

Modélisation

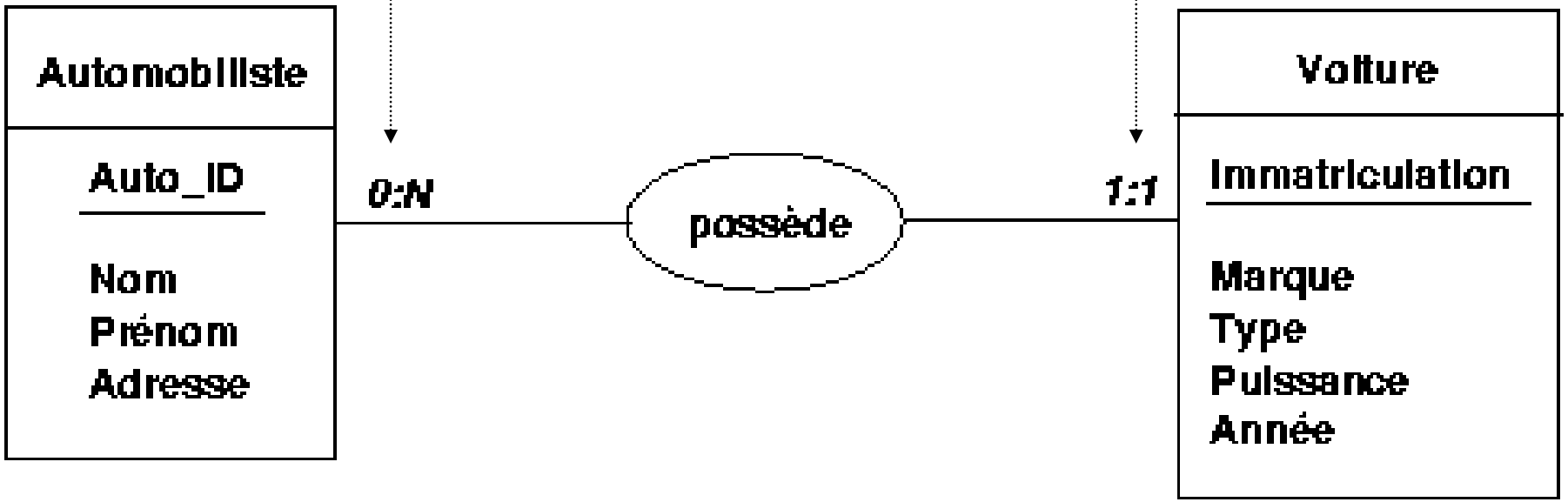
Méthodologie à suivre pour modéliser un problème

- Déterminer les **entités/classes** et **attributs** :
  - entité/instance de classe = objet décrit par de l'information
  - objet caractérisé uniquement par un identifiant = attribut
  - attribut multi-valué ou avec une association 1:N = entité ou instance
  - attacher les attributs aux ensemble d'entités/classes qu'ils décrivent le plus directement
  - éviter au maximum les identificateurs composites
- Identifier les **généralisations-spécialisations/héritage**
- Définir les **associations**
  - éliminer les associations redondantes
  - éviter les associations n-aires
  - calculer les **cardinalités** de chaque association

Modèlisation Entité/Association (Format Merise)

Un automobiliste possède entre zéro et N voitures

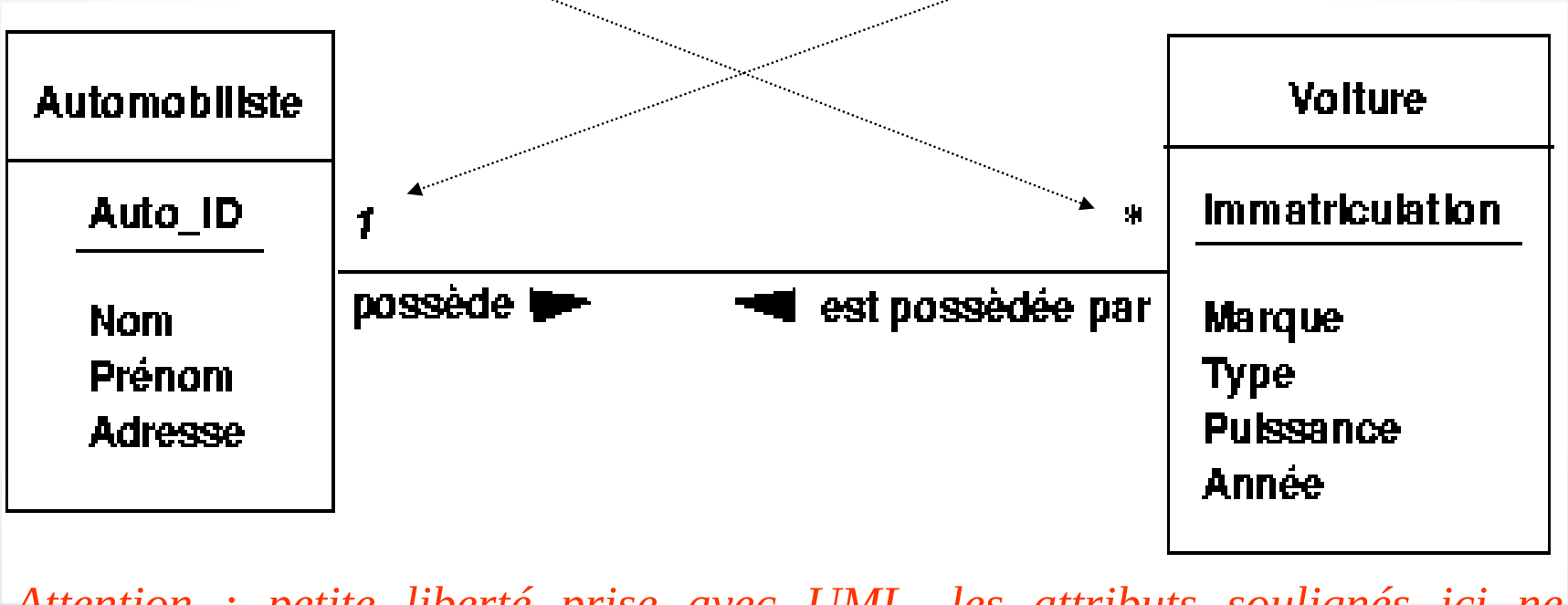
Une voiture a un et un seul propriétaire



Modèlisation UML

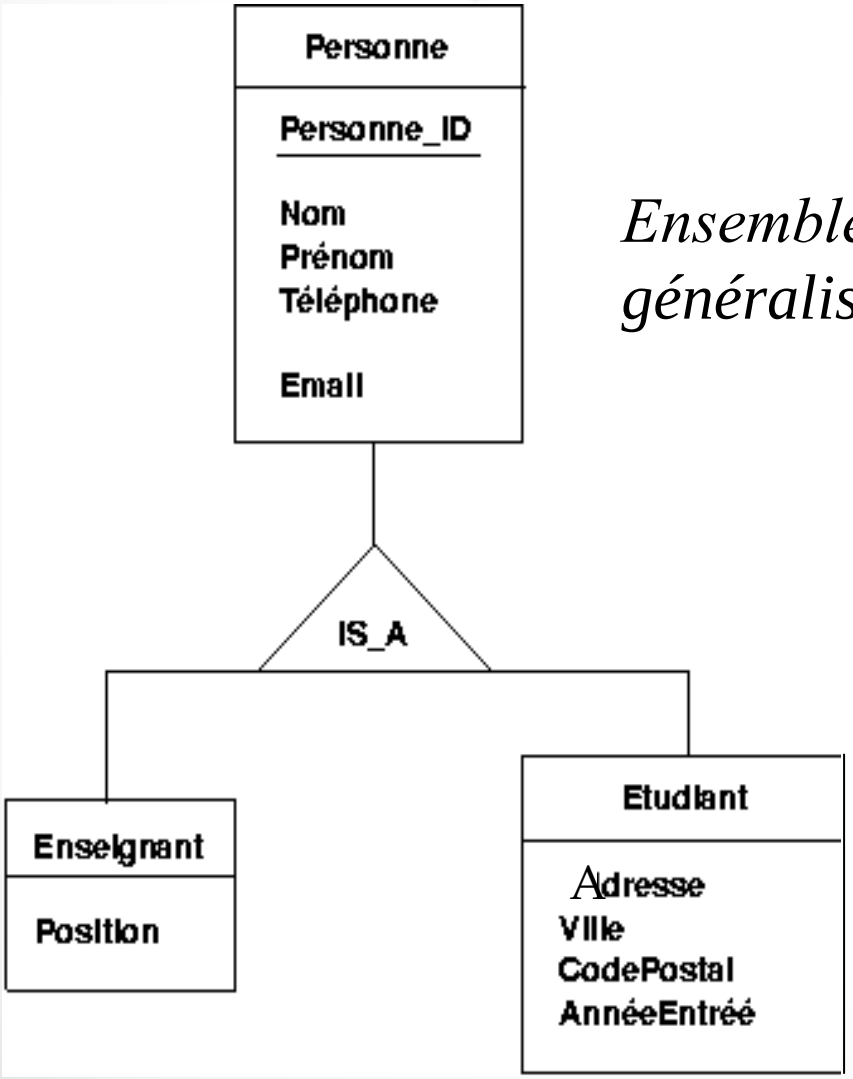
Un automobiliste possède entre zéro et N voitures

Une voiture a un et un seul propriétaire



<u>Attention</u> : petite liberté prise avec UML, les attributs soulignés ici ne correspondent pas à des attributs dérivés mais aux identificateurs (pour ne pas les oublier lors du passage au relationnel!!)

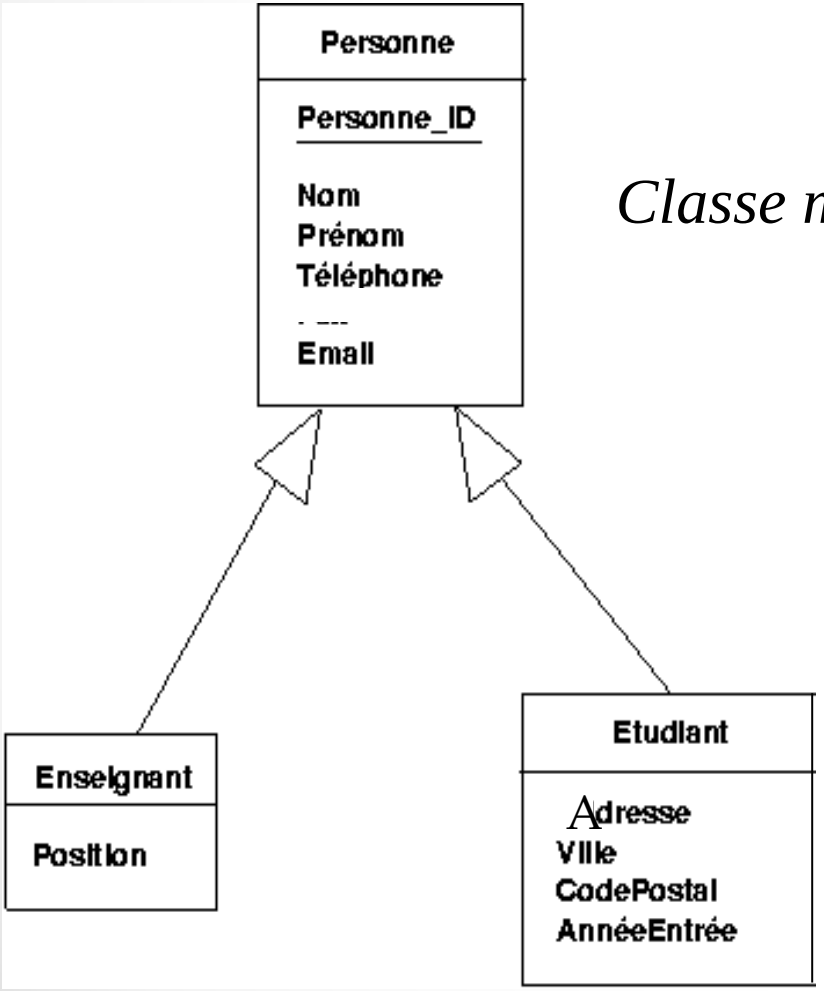
Généralisation/Spécialisation (E/A - Merise)



Ensemble d'entités généralisantes

Ensemble d'entités spécialisées

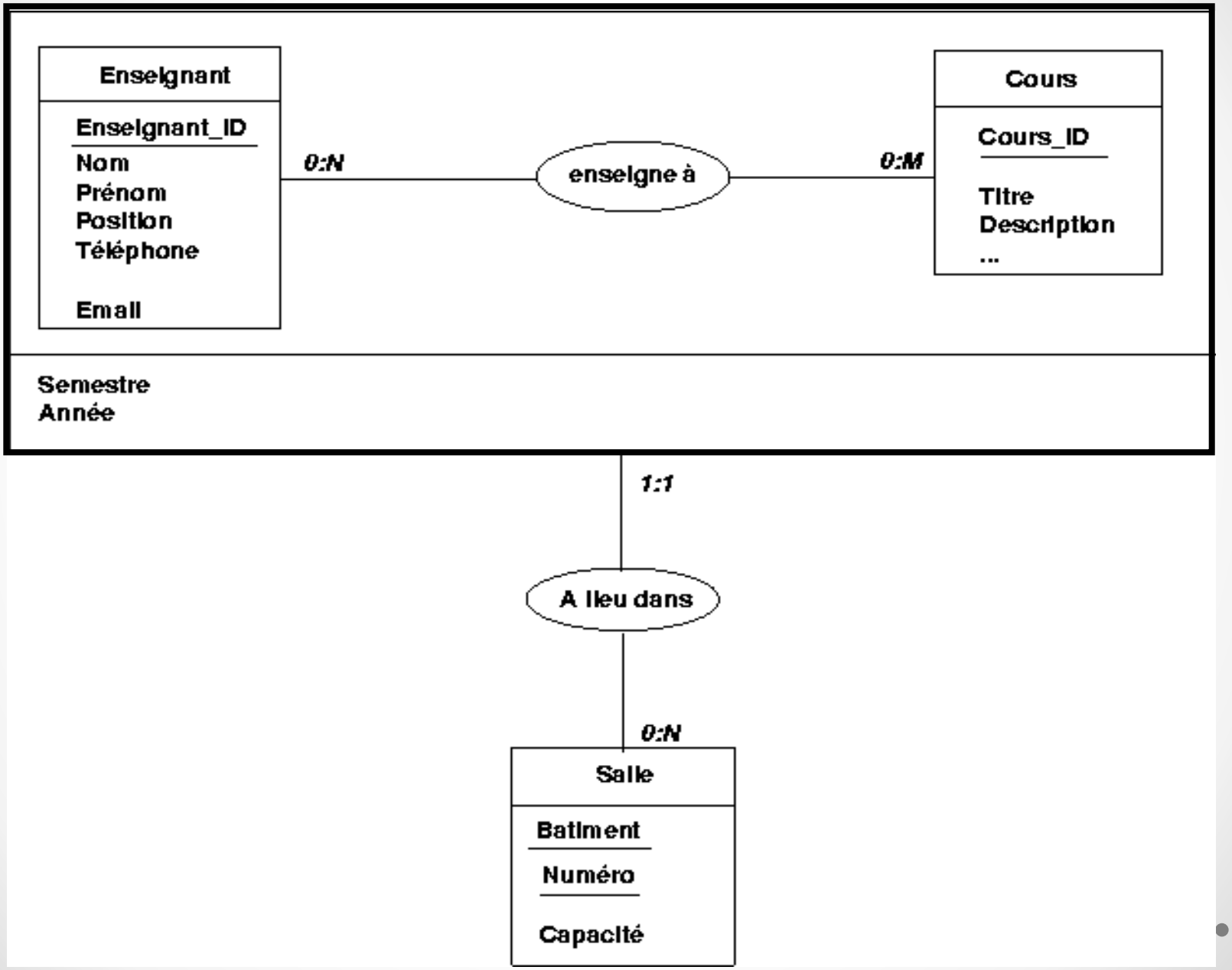
Héritage (UML)



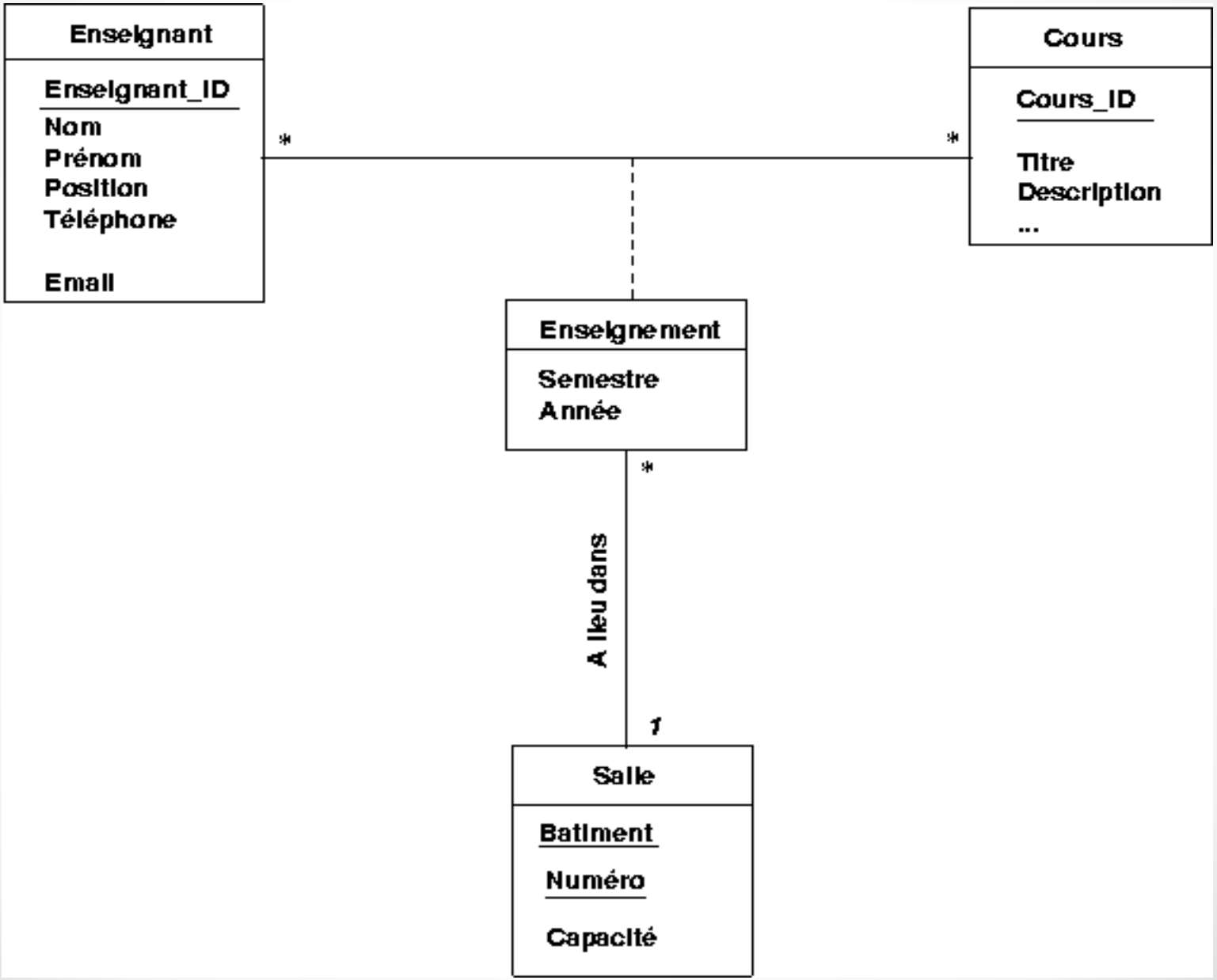
Classe mère / Sur-classe

Classes dérivées ou filles / sous-classes

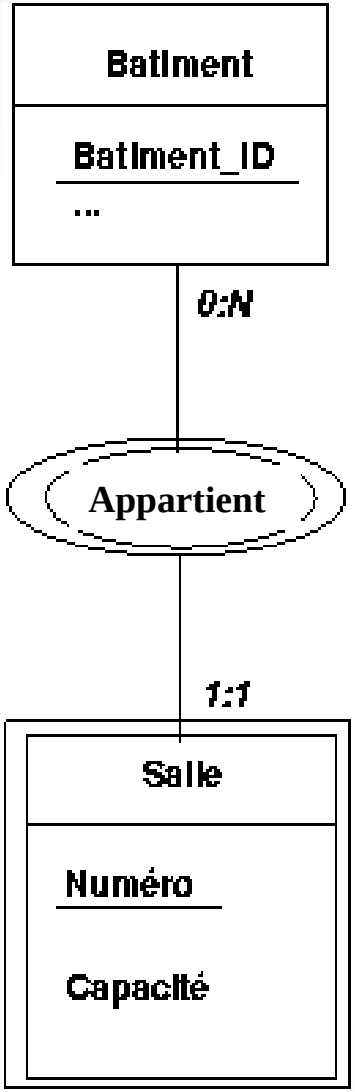
Agrégat (E/A - Merise)



Classe-Association (UML)



Entité Faible (E/A - Merise)

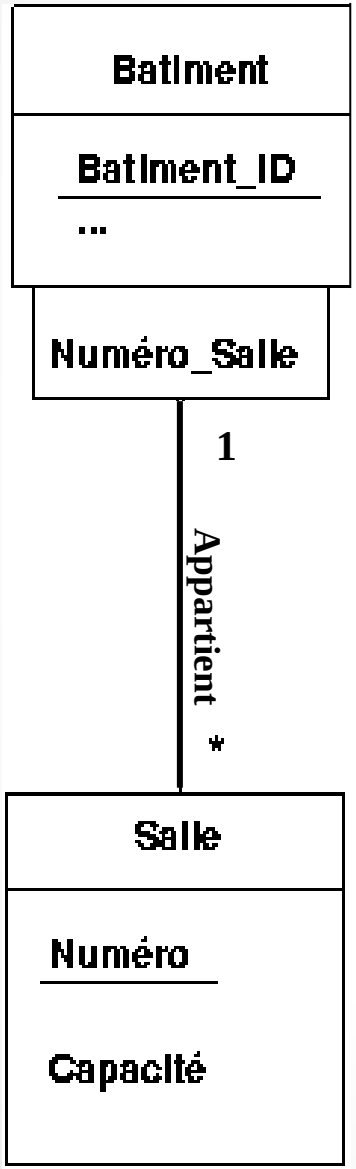


Chaque salle a un numéro unique dans un bâtiment donné

Ex. Salle 1 du bâtiment A et Salle 1 du bâtiment C

Pour distinguer une salle d'une autre, il faut connaître le bâtiment auquel elle est rattachée

Association qualifiée (UML)

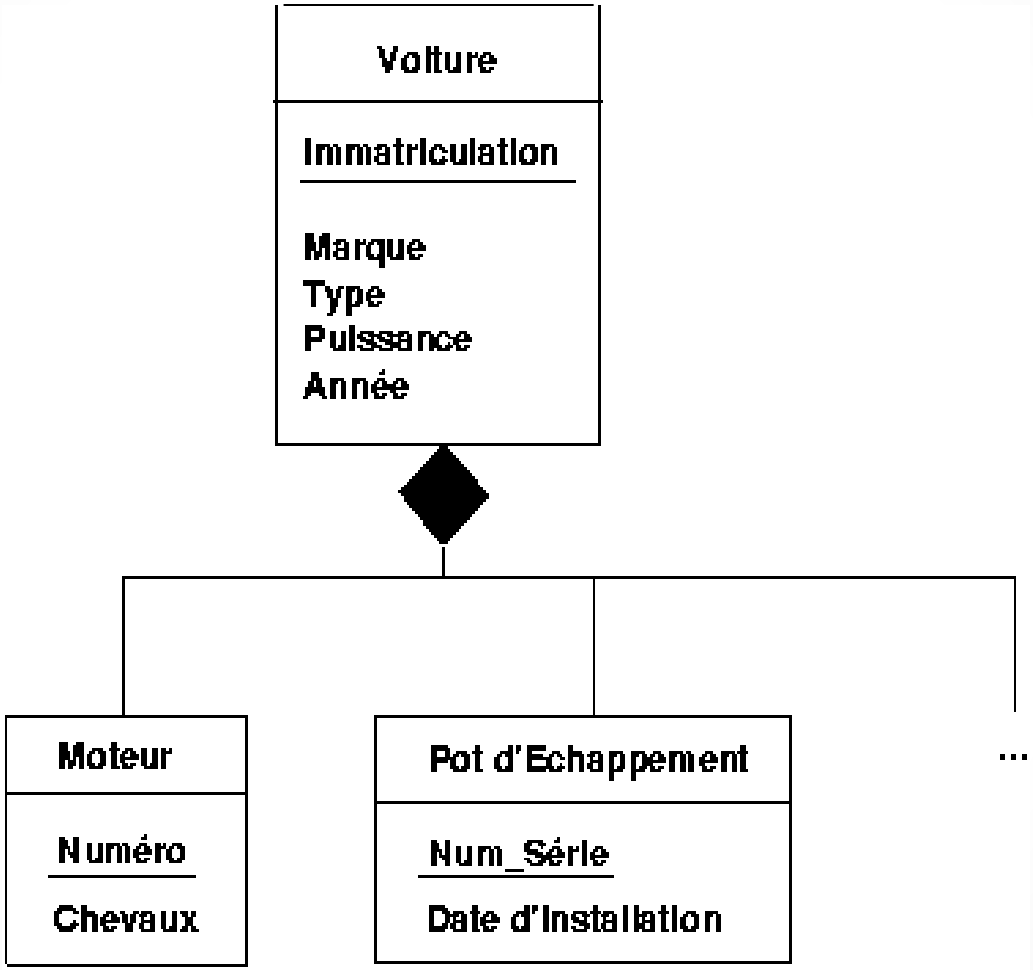


Chaque salle a un numéro unique dans un bâtiment donné

Ex. Salle 1 du bâtiment A et Salle 1 du bâtiment C

Pour distinguer une salle d'une autre, il faut connaître le bâtiment auquel elle est rattachée

Composition (UML)



Modèle relationnel

Modèle relationnel

- **Données** : Ce que l'on stocke
- **Modèle relationnel** : Modèle permettant d'**organiser les données** en une **représentation schématique** qui autorisera son exploitation par le SGBD relationnel

Un livre de la BU (ayant un titre, un premier auteur et un ISBN) peuvent être empruntés par les étudiants (ayant un numéro de carte d'étudiant) etc.

→ **Modèle relationnel** →

livre_id [PK] serial	titre character var	isbn character var
1	Livre BD	12-1334134
2	SQL	23-45546645

personne_id [PK] serial	nom character var	prenom character	date_naissan date	adresse character var	ville character varyin	code_postal character var
1	GAMOTTE	Albert	03/12/1989	Rue des Ale	Paris	75012
2	COMPUTING	Claude	21/03/1999	Avenue Mach	Boulogne-Bill	92100

livre_id [PK] integer	personne_id [PK] integer	date_debut date	date_fin date
1	1	2014-10-11	14/10/2014
2	1	2014-11-03	

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Relations

Relations

- Collection de **nuplets** (*tuples* en anglais) décrivant des données de même structure
- Tableau à deux dimensions composé d'**attributs** (ou champs - en colonnes) et de **nuplets** (ou enregistrements - en ligne)

Noms des 8 attributs

enseignant_id [PK] serial	departement_id integer	nom character varying(25)	prenom character varyin	grade character var	telephone character var	fax character var	email character varying(100)
1	1	MANOUVRIER	Maude	MCF			manouvrier@lamsade.dauphine.fr
2	1	NEGRE	Elsa	MCF			negre@lamsade.dauphine.fr
3	1	BELHADJJAME	Khalid	MCF			Khalid.Belhajjame@dauphine.fr

3 nuplets

Dans une relation :

- **Pas de doublon**
- **Pas deux attributs de même nom**

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Modèle relationnel - vocabulaire

- **Domaine** : ensemble de valeurs caractérisé par un nom
- **Relation** : sous-ensemble du produit cartésien d'une liste de domaines caractérisé par **un nom unique**
  - représentée sous forme de **table à deux dimensions**
  - colonne = un domaine du produit cartésien
  - **un même domaine peut apparaître plusieurs fois**
  - **ensemble de nuplets sans doublon**
- **Attribut** : une colonne dans une relation
  - caractérisé par un nom et dont **les valeurs appartiennent à un domaine**
  - **les valeurs sont atomiques**
- **Nuplet** : une ligne d'une relation
  - correspondant à un enregistrement, c-à-d **une entité/instance de classe**
  - **les nuplets d'une relation sont tous différents**

Instances et schéma

- **Instances de base de données** :
  - données de la base à un instant donné
  - les nuplets (les valeurs) contenus dans la base à un instant donné
  - manipulées par un **langage de manipulation de données (DML -** *Data Manipulation Language***)**
- **Schéma de base de données** :
  - description de la structure des données
  - ensemble de **schémas de relation**
  - modélisation logique de la base de données à l'aide du modèle relationnel
  - ensemble de définitions exprimées en **langage de description de données (DDL -** *Data Definition Language***)**
- **Schéma de relation** :

  liste d'attributs et leurs domaines

Clé

Clé

Attribut (ou ensemble d'attributs) permettant d'**identifier de manière unique** les nuplets de la relation

Exemples :

- *L'attribut ISBN pour une relation Livre*
- *L'attribut NuméroImmatriculation pour une relation Voiture*
- *L'attribut NuméroCarte pour une relation Emprunteur*

Par défaut : Création d'un attribut numérique s'incrémentant automatiquement

Clé artificielle
(*surrogate key*)

departement_id [PK] serial	nom_departement character varying(25)
1	MIDO
2	LSO
3	MSO

Une clé est unique (pas deux fois la même valeur) et a forcément une valeur (pas de valeur *null*)

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Intégrité structurelle

- **Unicité des clés**
  - **ensemble minimal d'attributs** dont la connaissance des valeurs permet d'identifier un nuplet unique de la relation considérée
  - ***R* a pour clé *K* si : $\forall t_1, t_2$ nuplets d'une instance de *R***

$$t_1.K \neq t_2.K$$

  - **Clé minimale :** si K est une clé minimale alors $\nexists$ K' $\subset$ K tel que K' est une clé
  - **Clé primaire :** une clé parmi toutes les clés minimales

- **Contraintes de référence**
  - **contrainte référentielle** : contrainte d'intégrité portant sur une relation R qui consiste à imposer que la valeur d'un groupe d'attributs apparaissent comme valeur de clé dans une autre relation
  - **clé étrangère** : un groupe d'attributs qui doit apparaître comme clé dans une autre relation, i.e. qui fait reference à la clé primaire d'une autre relation.

Clé /Clé minimale /Surclé

Accident (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse, Immatriculation, Marque, Type, Puissance, Année)

Clés primaires possibles : Auto_ID ou Immatriculation

Surclé : (Auto_ID, Immatriculation) + d'autres attributs

Voiture (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année, #Auto_ID)

Clé primaire : Immatriculation

Surclé : (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année, Auto_ID)

Location (# Auto_ID, # Immatriculation, Date)

Clé primaire : (Auto_ID, Immatriculation, Date)

NULL

- **Valeur nulle**
  - valeur conventionnelle introduite dans une relation pour représenter une information inconnue ou inapplicable
  - tout attribut peut prendre une valeur nulle **excepté les attributs de la clé primaire** (contrainte d'entité)
  - Toute clé étrangère peut prendre une valeur nulle

Contraintes

Contraintes d'intégrité :

toutes règles implicites ou explicites que doivent suivre les données [Gar99]

- **Contraintes d'entité**: toute entité doit posséder un identificateur
- **Contraintes de domaine** : les valeurs de certains attributs doivent être prises dans un ensemble donné
- **Contraintes d'unicité** : une valeur d'attribut ne peut pas être affectée deux fois à deux entités différentes
- **Contraintes générales** : règle permettant de conserver la cohérence de la base de manière générale

Exemples de contraintes

– **Contraintes de domaine** :

"La fonction d'un enseignant à l'Université prend sa valeur dans l'ensemble {vacataire, moniteur, ATER, MCF, Prof., PRAG, PAST}."

– **Contraintes d'unicité** :

"Un département, identifié par son numéro, a un nom unique (il n'y a pas deux départements de même nom)."

– **Contraintes générales** :

"Un même examen ne peut pas avoir lieu dans deux salles différentes à la même date et à la même heure.«

"La date de début d'emprunt doit être antérieure à la date de fin d'emprunt."

Passage au modèle relationnel

(à partir d'un modèle E/A)

Passage au relationnel

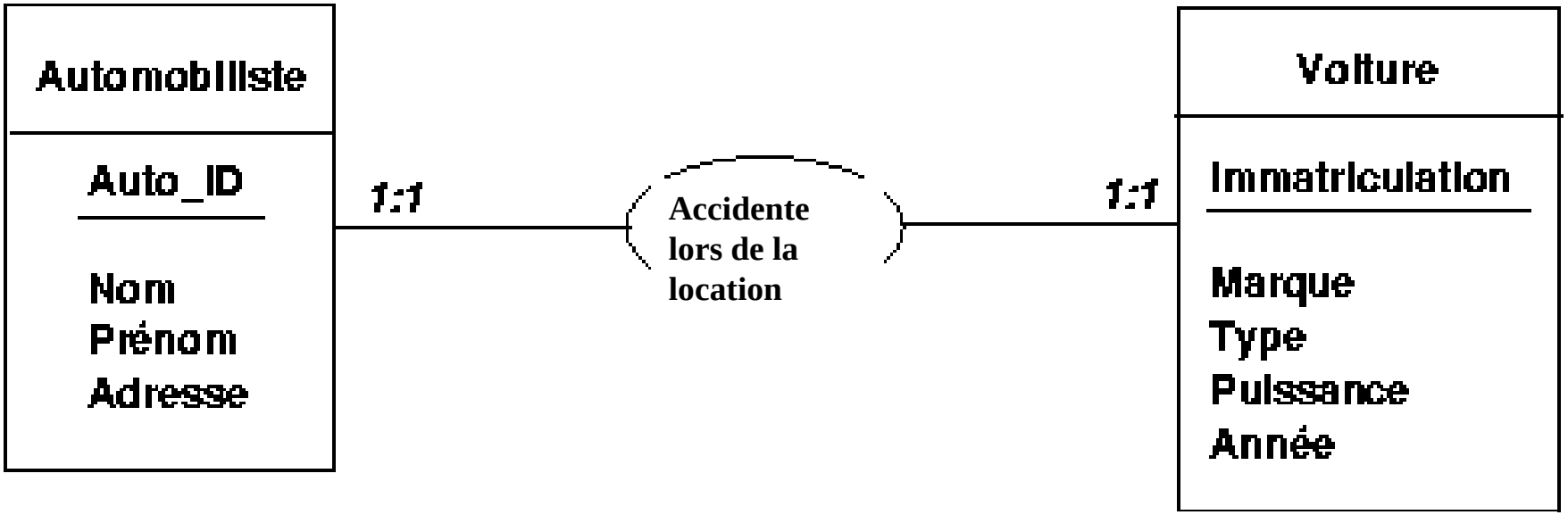
Transformation des ensembles d'entités :

- **chaque ensemble d'entités/classes *E* ⇒**
  - une relation R dont le schéma est celui de l'ensemble d'entités/classe
  - l'identificateur de E devient la clé de R
- **chaque ensemble d'entités faibles/association qualifiée *E* ⇒**

  une relation R qui comprend tous les attributs de E +

  l'identificateur de l'ensemble d'entités fortes/classe associé(e)
- **généralisation-spécialisation/héritage ⇒**
  - l'ensemble d'entités généralisante/classe mère E ⇒ une relation R
  - chaque ensemble d'entités E_i spécialisé/classe fille
    ⇒ une relation R_i dans laquelle l'identifiant est de même domaine que l'identifiant de E

Transformation des ensembles d'associations E/A



Automobiliste (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse)

Voiture (Immatriculation, Marque, Type, Puissance, Année)

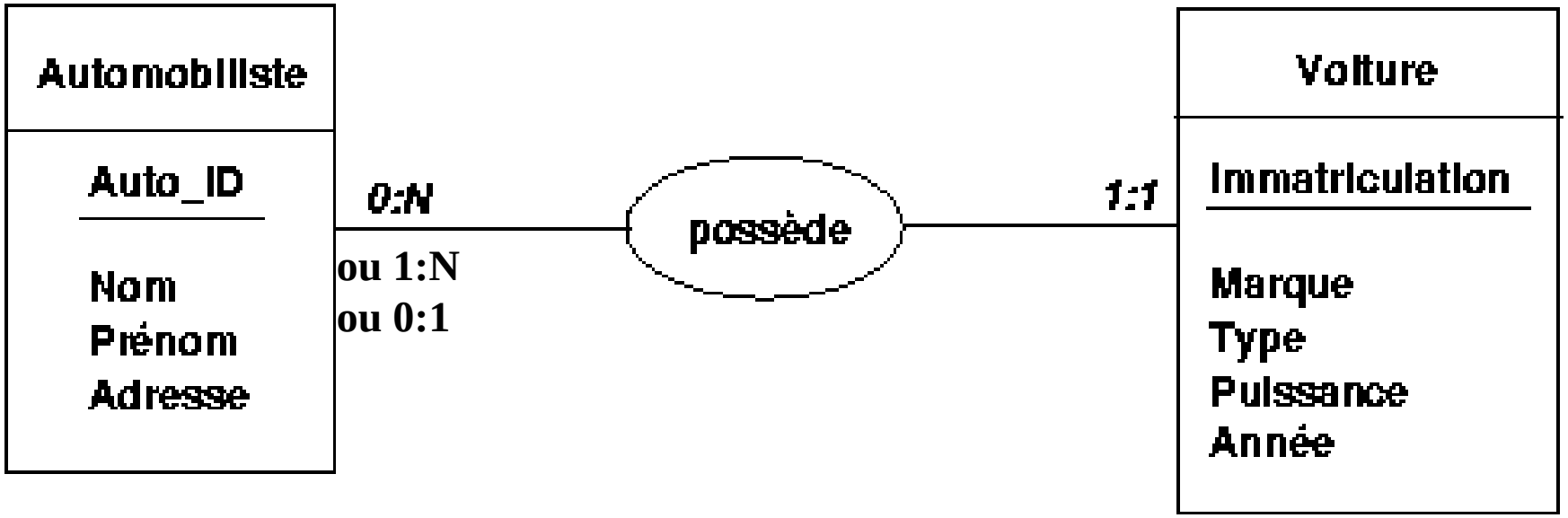
Comment faire le lien ?

Transformation des ensembles d'associations UML

Accidente (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse, Immatriculation, Marque, Type, Puissance, Année)

On peut choisir l'un ou l'autre comme clé

Transformation des ensembles d'associations E/A

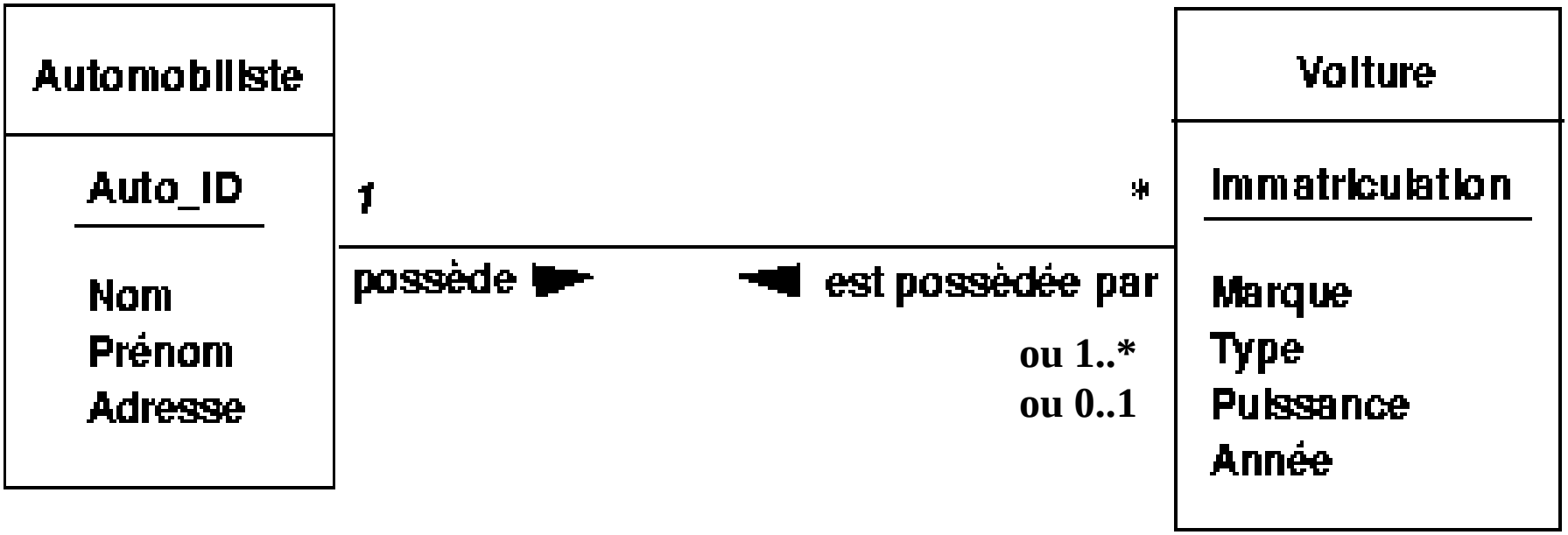


Automobiliste (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse)

Voiture (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année, #Auto_ID)

NB : *#Auto_ID fait référence à Auto_ID de Automobiliste*

Transformation des ensembles d'associations UML

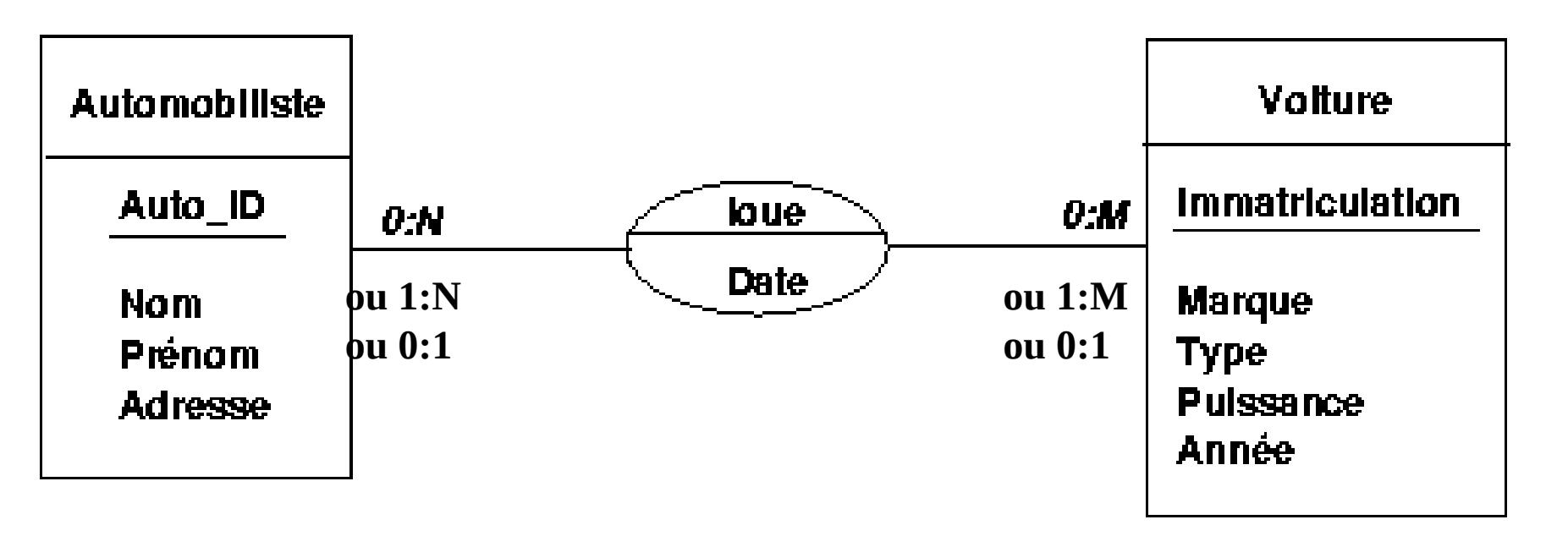


Automobiliste (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse)

Voiture (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année, #Auto_ID)

NB : *#Auto_ID fait référence à Auto_ID de Automobiliste*

Transformation des ensembles d'associations E/A

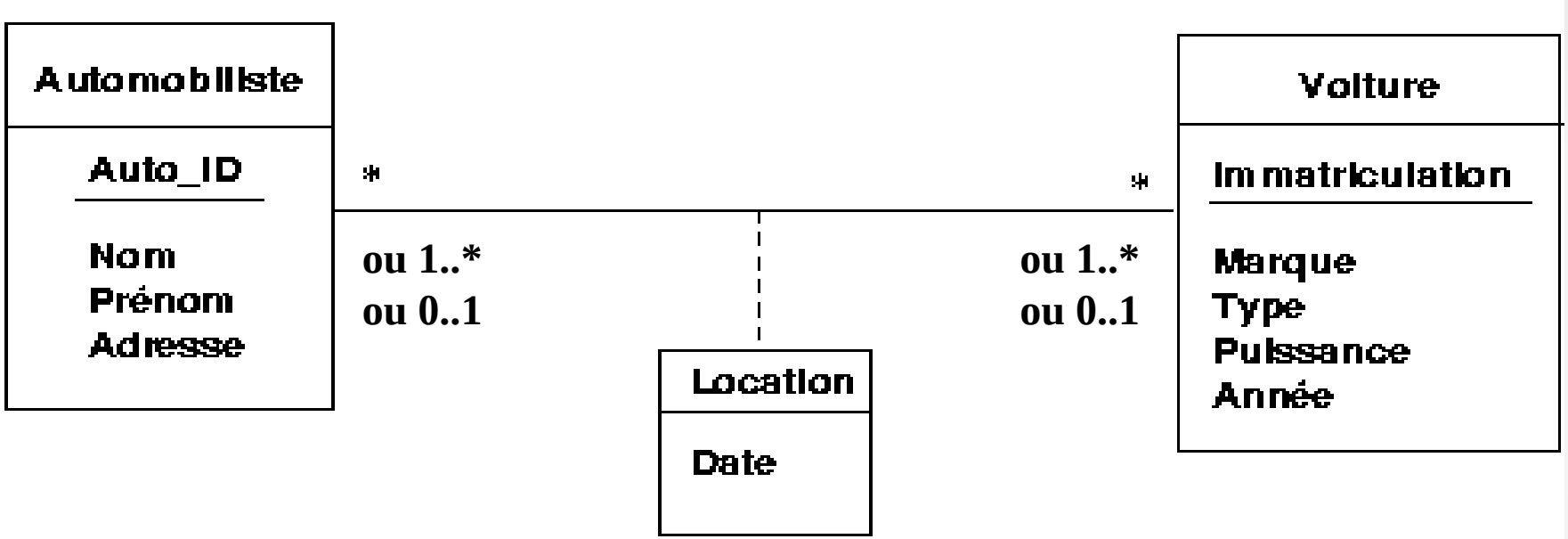


Automobiliste (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse)

Voiture (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année)

Location (#Auto_ID, #Immatriculation, Date) ou
Location (Loc_ID, #Auto_ID, #Immatriculation, Date)

Transformation des ensembles d'associations UML



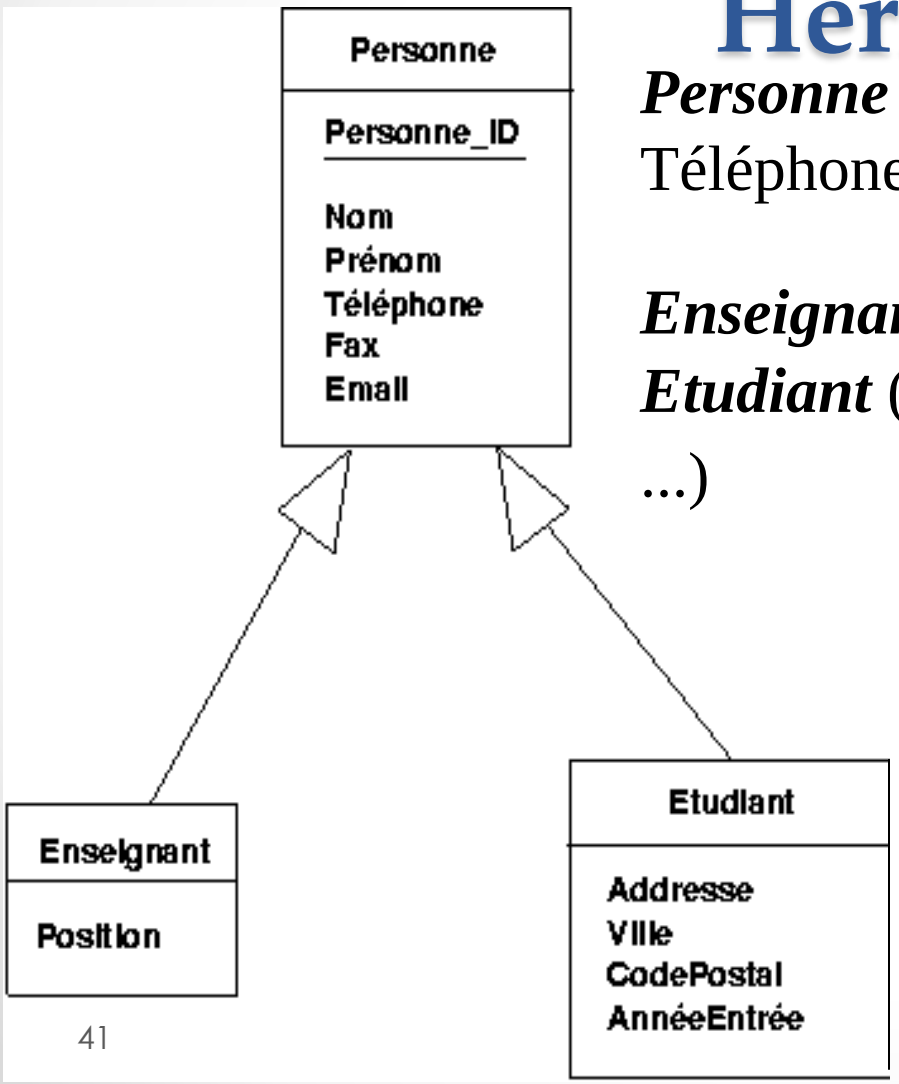
Automobiliste (Auto_ID, Nom, Prénom, Adresse)

Voiture (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année)

Location (#Auto_ID, #Immatriculation, Date) ou

Location (Loc_ID, #Auto_ID, #Immatriculation, Date)

Transformation des concepts Généralisation-Spécialisation / Héritage

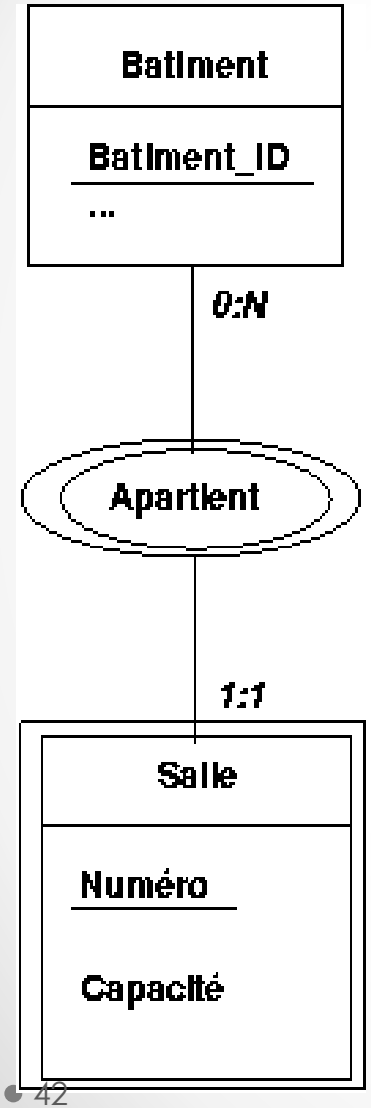


Personne (Personne_ID, Nom,Prénom, Téléphone ...)

Enseignant (#Personne_ID, Position)
Etudiant (#Personne_ID, Adresse, Ville ...)

NB : *#Personne_ID dans Enseignant et Etudiant font référence à Personne_ID dans Personne*

Transformation des entités faibles E/A



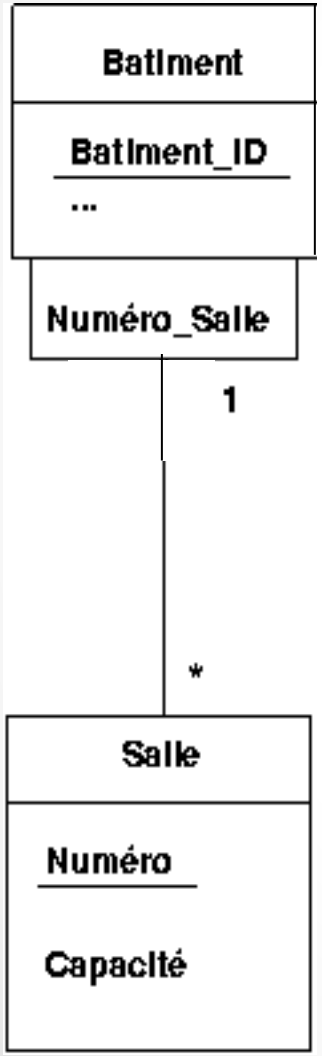
Bâtiment (Bâtiment_ID, ...)

Salle (Numéro, #Bâtiment_ID, Capacité)

NB : *Une salle est identifiée par le couple (Numéro,#Bâtiment_ID)*

#Bâtiment_ID fait référence à Bâtiment_ID de Bâtiment

Transformation des associations qualifiées UML



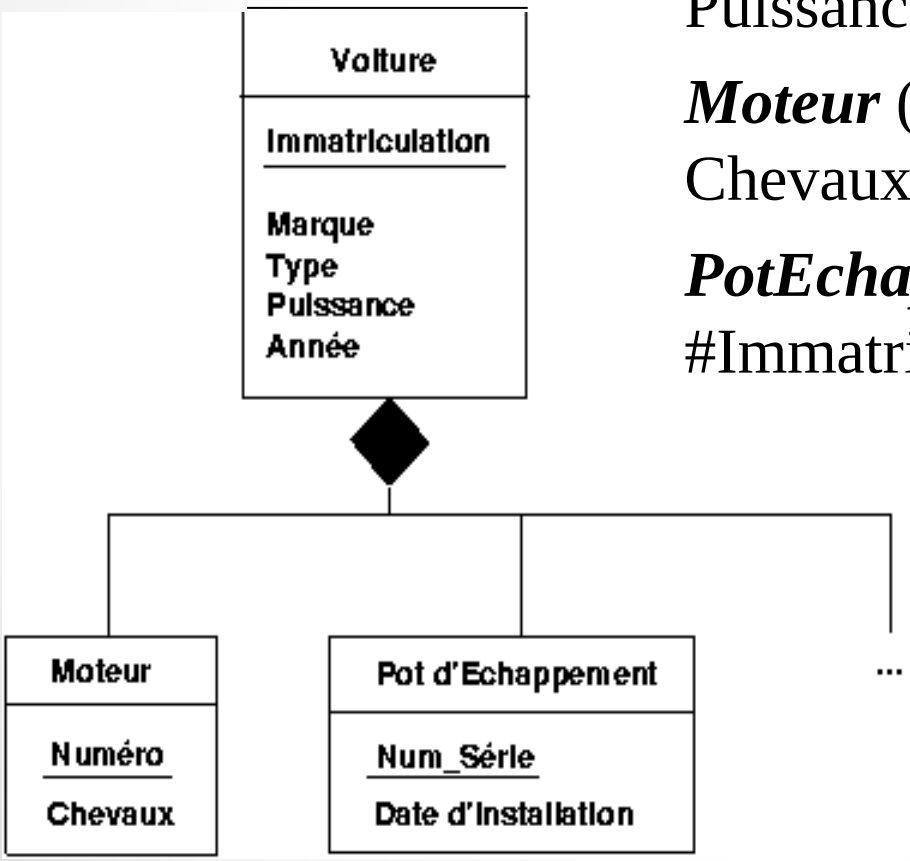
Bâtiment (Bâtiment_ID, ...)

Salle (Numéro, #Bâtiment_ID, Capacité)

NB : *Une salle est identifiée par le couple (Numéro,#Bâtiment_ID) ;*

#Bâtiment_ID fait référence à Bâtiment_ID de Bâtiment

Transformation de la composition UML



Voiture (Immatriculation, Marque, Puissance, Type, Année)

Moteur (Numéro, #Immatriculation, Chevaux)

PotEchappement (Num_Série, #Immatriculation, DateInstallation)

Création d'une base de données (1/2)

<u>Étape N° 1</u> : Concevoir la base de données

= Réfléchir à ce que va contenir la base de données et comment structurer les données

= Modélisation de la base de données

⇒ **Modèle conceptuel de données**

(Modèle Entité/Association ou UML - hors programme)

Démarche :

- Établir la liste des données devant être stockées dans la base
- Définir la structure des données

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Création d'une base de données (2/2)

<u>Étape N° 2</u> : Définir le modèle relationnel

= le **schéma** des relations de la base de données

Démarche :

- Pour chaque relation :
  - Définir les différents attributs
  - Définir la clé primaire
- Pour chaque attribut de chaque relation
  - Définir le type et le domaine
  - Préciser les propriétés (taille, format, etc.)
- Quand il y a plusieurs relations : définir les clés étrangères

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine

Quelques règles

- Bien réfléchir aux schémas des relations et vérifier qu'ils sont corrects avant d'y insérer des données
- Utiliser des noms de relations et d'attributs compréhensibles (penser aux utilisateurs!!)
- Choisir le type de données adéquate pour chaque attribut
- Ne pas créer d'attribut de trop grande taille
- Ne pas créer d'attribut ayant des valeurs trop variables (ex. Age)
- Spécifier toutes les contraintes de domaines (en particulier quand l'ensemble de valeurs est limité), d'unicité etc.
- Préférer les clés primaires de type entier et en particulier des clés artificielles

©Maude Manouvrier - Univ. Paris Dauphine