

# Conception de base de données

Traduction  
modèle E/A  $\Rightarrow$  schéma relationnel

L3 Informatique

Antoine Spicher  
[antoine.spicher@u-pec.fr](mailto:antoine.spicher@u-pec.fr)

# Plan



- Rappels du modèle relationnel
- Entité/Association ⇒ schéma relationnel

# Modèle relationnel, rappels

## ■ Origine

- Edgar Frank "Ted" Codd (1970)

*A relational model of data for large shared data banks*

## ■ Présentation informelle

- Relation : table à deux dimension

- Ligne : **tuple**

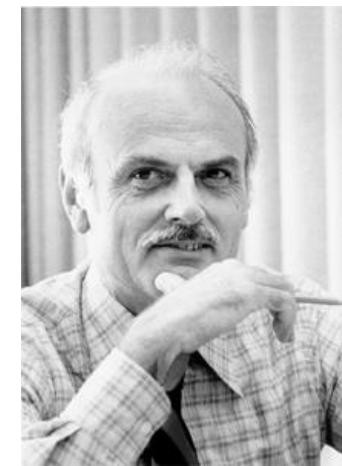
ensemble de lignes : contenu de la relation (occurrences, extension)

- Colonne : **attribut**

en-tête du tableau : **schéma de la relation** (description du type)

- Exemple

VIN	N°VIN	CRU	MILLESIME	REGION	N°VITICULTEUR
	100	Julienas	97	Beaujolais	3
	150	Bourgueuil	96	Loire	3
	125	Bourgueuil	96	Loire	4
	...	...	...	...	...



Edgar Frank "Ted" Codd  
(source : Wikipédia)

# Modèle relationnel, rappels

## ■ Présentation formelle

### □ *Domaine* de valeurs

- Ensemble de valeurs
- Les entiers, chaînes de caractère, type énuméré, etc.

### □ *Relation*

- Sous-ensemble du produit cartésien de plusieurs domaines
- $R \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$

### □ *Tuple* d'une relation

- Élément de la relation
- $(v_1, v_2, \dots, v_n)$  avec  $\forall i, v_i \in D_i$

### □ *Attribut*

- Ne pas considérer l'ordre des colonnes
- Définition : « *nom donné au rôle joué par un domaine* »
- $A_i : R \rightarrow D_i$

# Modèle relationnel, rappels

## ■ Contraintes structurelles

### □ Clé

- Définition (clé candidate)

« *Ensemble non-vide minimum d'attributs dont chaque valeur détermine un tuple unique dans toute l'extension de la relation* »

- Exemple

{ N°VIN } ou { CRU, MILLESIME, N°VITICULTEUR } pour la relation VIN

### □ Contrainte d'entité

*Toute relation doit posséder au moins une clé*

### □ Contrainte référentielle

- Traduction du lien sémantique entre deux relations

- Clé étrangère (ou référence)

« *Ensemble non-vide d'attributs qui référence une clé d'une autre relation* »

- Lors de l'insertion d'un tuple

*La valeur de la clé étrangère doit exister dans la relation référencée*

# Modèle relationnel, rappels

## Schéma d'une base de données

- Ensemble des schémas des différentes relations de la BD
  - Les domaines et noms des attributs
  - Les clés de chaque relation (soulignées)
  - Les contraintes référentielles ( → )

- Exemple

**VITICULTEUR**(N°VITICULTEUR, VNOM, VPRENOM, VVILLE)

**VIN**(N°VIN, CRU, MILLESIME, N°VITICULTEUR, REGION)

**COMMANDE**(N°COMMANDE, N°CLIENT, N°VIN, CDATE, CQUANTITE)

**CLIENT**(N°CLIENT, CLNOM, CLPRENOM, CLVILLE)

**LIVRAISON**(N°COMMANDE, LDATE, LQUANTITE)

# Plan



- Rappels du modèle relationnel
- Traduction modèle EA ⇒ modèle relationnel

# Traduction EA ⇒ SR

## ■ Big Picture...

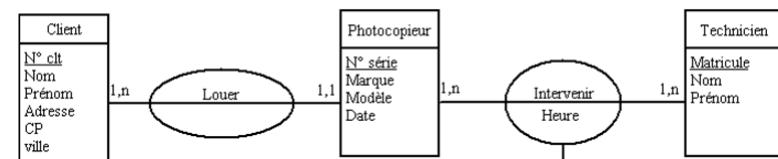


Schéma conceptuel  
Entités/Associations

Conception



Client				Produit		
A	B	C	D	A	B	E
1	A	5	C	1	B	9
1	B	8	D	2	B	7

Schéma  
relationnel/logique

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR

## ■ EA $\neq$ SR

- Un socle commun :  $SR \subseteq EA$  ?
  - Entité  $\equiv$  relation
  - Associations, entités faibles
    - EA : données explicitement
    - SR : données implicitement sous forme de contraintes référentielles
- Éléments EA de haut niveau
  - Attributs multivalués et/ou composites
  - Généralisation, spécialisation et héritage
  - Agrégation

## ■ EA $\Rightarrow$ SR

- Objectif

*Schéma relationnel + définition de vues + contraintes d'intégrité*
- Traduction par étapes successives

Dénaturer l'EA jusqu'à ne conserver que des entités...

# Traduction EA ⇒ SR

---

## ■ Étapes de la traduction EA ⇒ SR

- Traduction des héritages
- Traduction des attributs multivalués et composés
- Traduction des associations, des agrégations et des entités faibles
- (Normalisation)

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
  - Utilisable lorsque les spécialisations ne sont pas réellement utilisées  
Pas d'attribut ou peu (utilisation de la valeur null), pas d'association
  - Utilisation de vues pour les spécialisations  
La spécialisation doit être dépendante des attributs de la super-entité

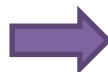
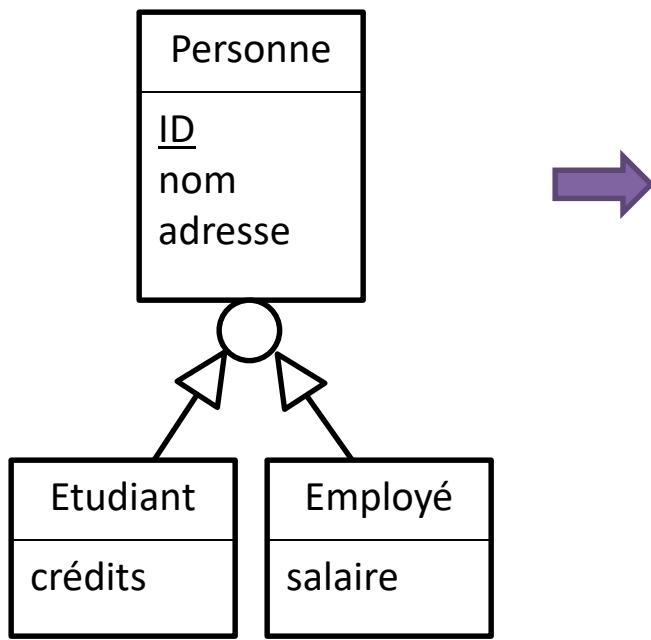
# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
  - Exemple

{étu, emp, étuemp, autre}  $\exists$

Personne
ID
nom
adresse
type
crédits
salaire



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

- type = étu  $\Rightarrow$  salaire = null  $\wedge$  crédit  $\neq$  null
- type = emp  $\Rightarrow$  salaire  $\neq$  null  $\wedge$  crédit = null
- type = étuemp  $\Rightarrow$  salaire  $\neq$  null  $\wedge$  crédit  $\neq$  null
- type = autre  $\Rightarrow$  salaire = null  $\wedge$  crédit = null

### Vues Etudiant et Employé

- $\pi_{ID,nom,adresse,crédits}(\sigma_{type=étudiant}(Personne))$
- $\pi_{ID,nom,adresse,salaire}(\sigma_{type=employé}(Personne))$

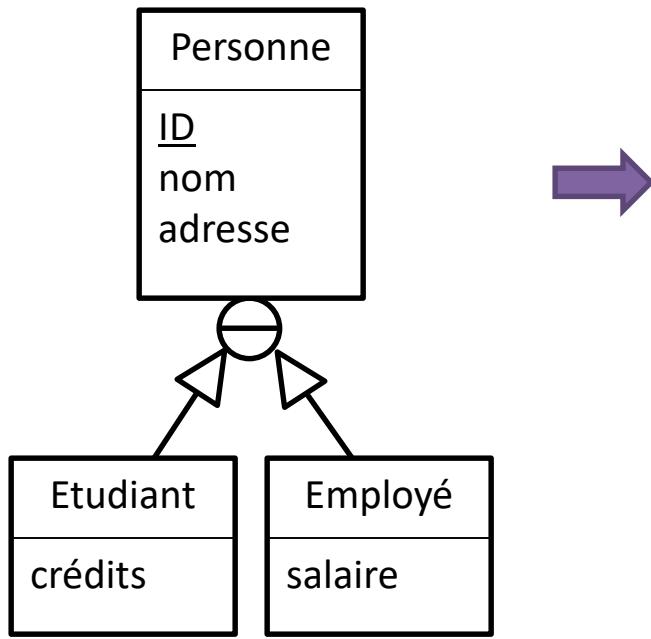
# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
  - Exemple

{étu, emp, étuemp}  $\exists$

Personne
ID
nom
adresse
type
crédits
salaire



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

- type = étu  $\Rightarrow$  salaire = null  $\wedge$  crédit  $\neq$  null
- type = emp  $\Rightarrow$  salaire  $\neq$  null  $\wedge$  crédit = null
- type = étuemp  $\Rightarrow$  salaire  $\neq$  null  $\wedge$  crédit  $\neq$  null

### Vues Etudiant et Employé

- $\pi_{ID,nom,adresse,crédits}(\sigma_{type=étudiant}(Personne))$
- $\pi_{ID,nom,adresse,salaire}(\sigma_{type=employé}(Personne))$

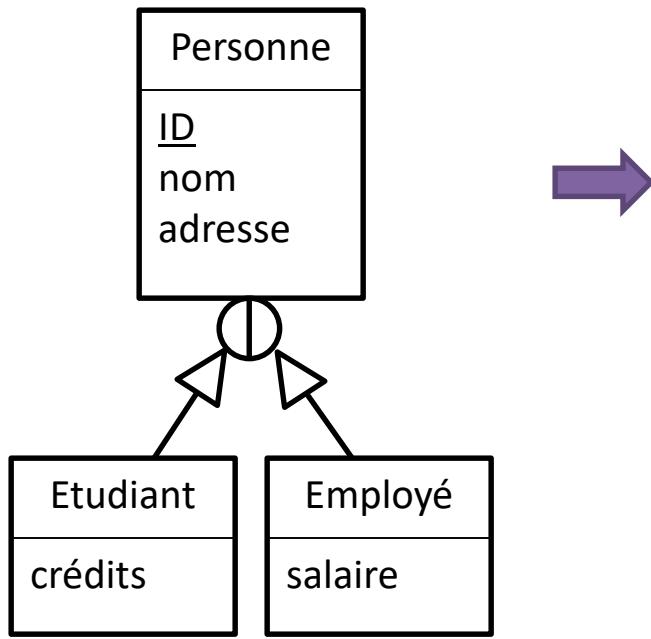
# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
  - Exemple

{étu, emp, autre}  $\exists$

Personne
ID
nom
adresse
type
crédits
salaire



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

- type = étu  $\Rightarrow$  salaire = null  $\wedge$  crédit  $\neq$  null
- type = emp  $\Rightarrow$  salaire  $\neq$  null  $\wedge$  crédit = null
- type = autre  $\Rightarrow$  salaire = null  $\wedge$  crédit = null

### Vues Etudiant et Employé

- $\pi_{ID,nom,adresse,crédits}(\sigma_{type=étudiant}(Personne))$
- $\pi_{ID,nom,adresse,salaire}(\sigma_{type=employé}(Personne))$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
  - Exemple

Personne
<u>ID</u>
nom
adresse
type
crédits
salaire

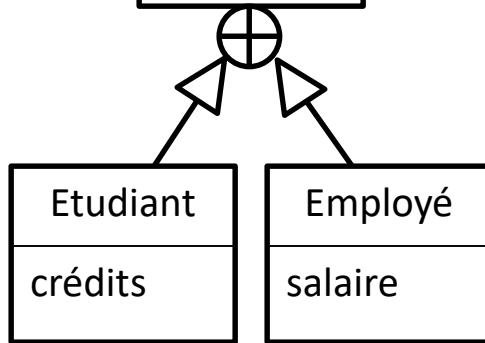
{étu, emp} ⊨

Personne
<u>ID</u>
nom
adresse



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

- type = étu ⇒ salaire = null  $\wedge$  crédit ≠ null
- type = emp ⇒ salaire ≠ null  $\wedge$  crédit = null



### Vues Etudiant et Employé

- $\pi_{ID,nom,adresse,crédits}(\sigma_{type=étudiant}(Personne))$
- $\pi_{ID,nom,adresse,salaire}(\sigma_{type=employé}(Personne))$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

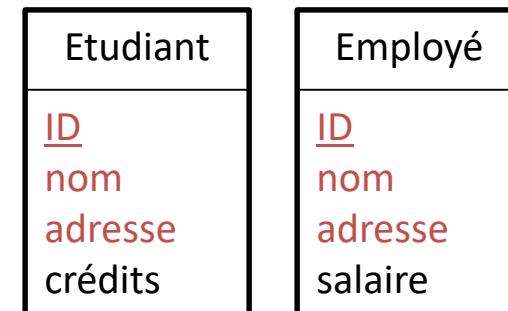
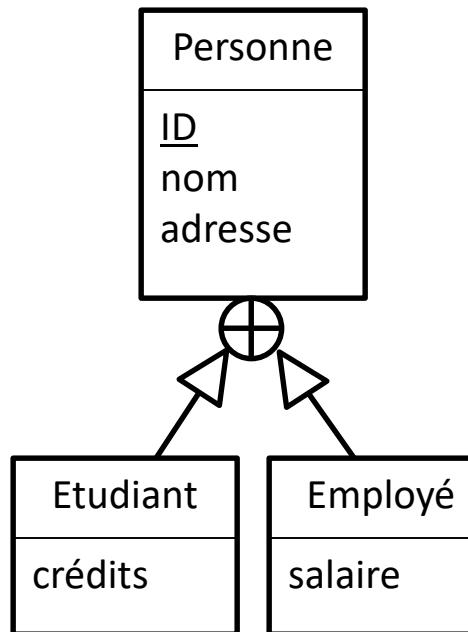
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
  - Utilisable lorsque la super-entité n'est pas utilisée
    - Généralisation/spécialisation *totale et disjointe*
    - Pas d'association propre
  - Utilisation d'une vue pour la super-entité
  - Chaque spécialisation implante le schéma

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
  - Exemple



*Contrainte d'intégrité*

$$\pi_{ID}(\text{Etudiant}) \cap \pi_{ID}(\text{Employé}) = \emptyset$$

*Vue Personne*

$$\pi_{ID,nom,adresse}(\text{Etudiant}) \cup \pi_{ID,nom,adresse}(\text{Employé})$$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

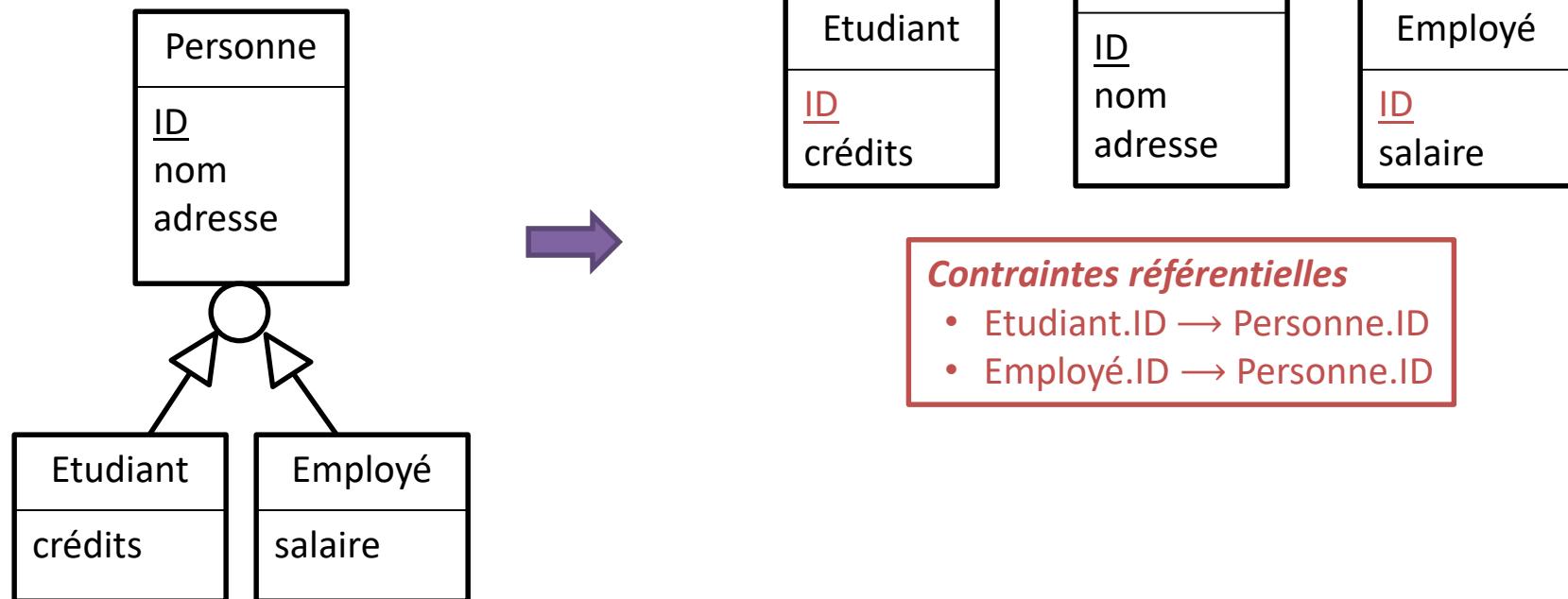
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 1 : le schéma est factorisé (seule la clé est partagée)
    - Clés étrangères pour les spécialisations
    - Inconvénient
      - Information sur une spécialisation = jointure

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

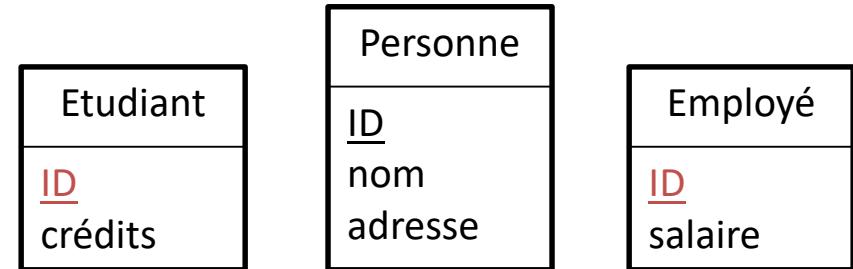
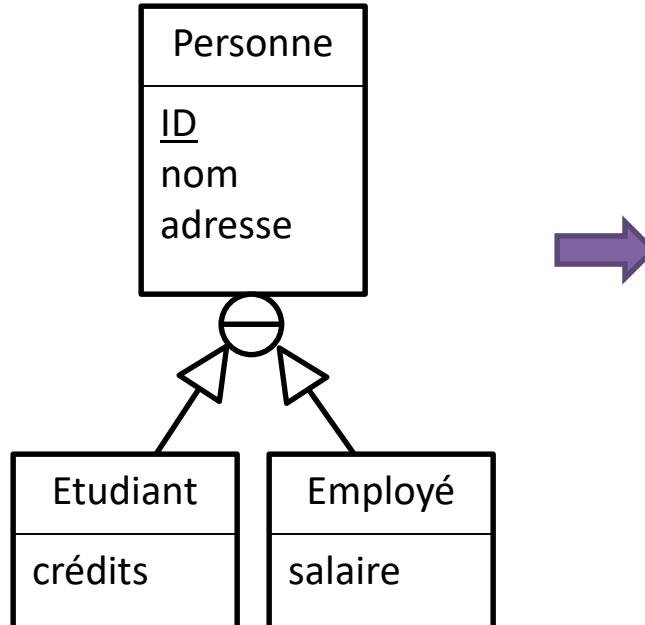
- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 1 : factorisation



# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 1 : factorisation



### Contraintes référentielles

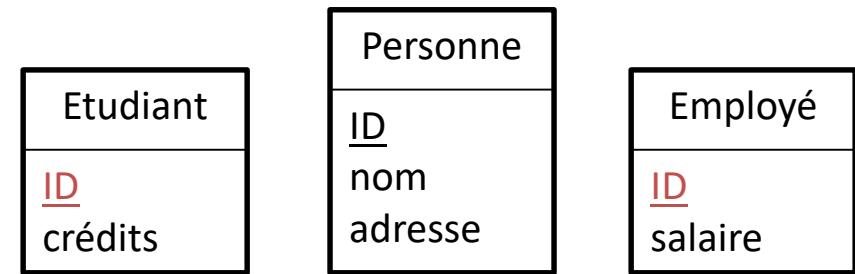
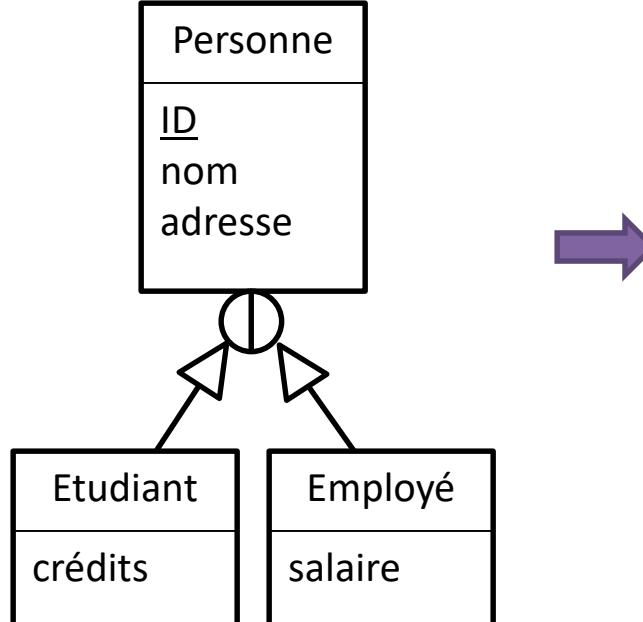
- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

*Contrainte d'intégrité (suivant le type d'héritage)*  
 $\pi_{ID}(Etudiant) \cup \pi_{ID}(Employé) = \pi_{ID}(Personne)$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 1 : factorisation



### Contraintes référentielles

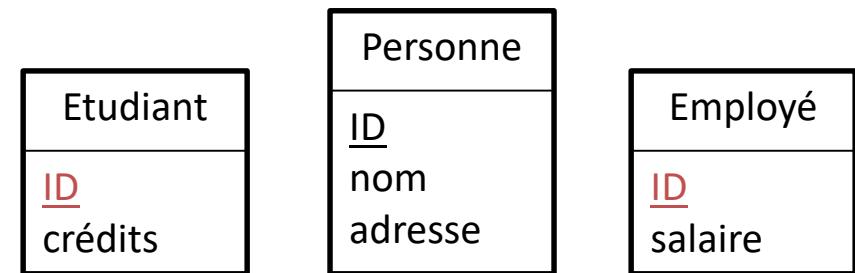
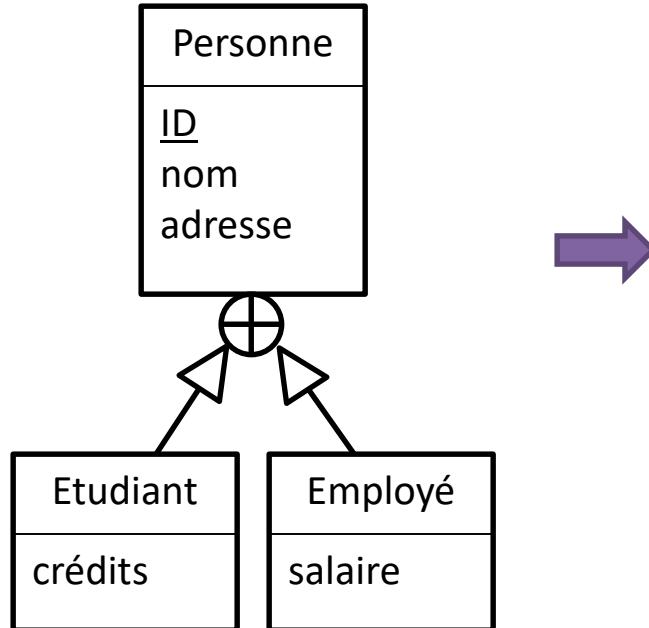
- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

*Contrainte d'intégrité (suivant le type d'héritage)*  
 $\pi_{ID}(\text{Etudiant}) \cap \pi_{ID}(\text{Employé}) = \emptyset$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 1 : factorisation



### Contraintes référentielles

- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

### Contraintes d'intégrité (suivant le type d'héritage)

- $\pi_{ID}(Etudiant) \cap \pi_{ID}(Employé) = \emptyset$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cup \pi_{ID}(Employé) = \pi_{ID}(Personne)$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

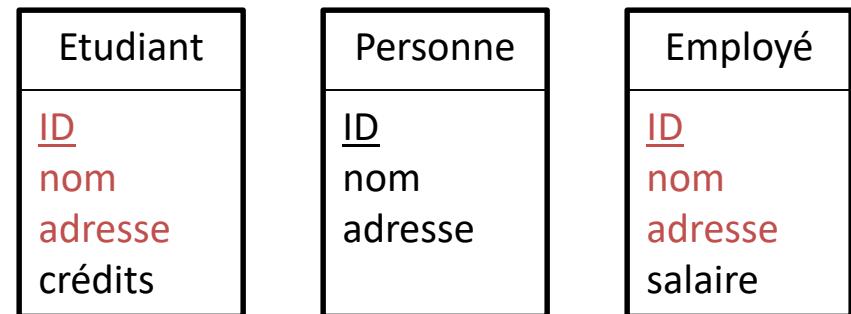
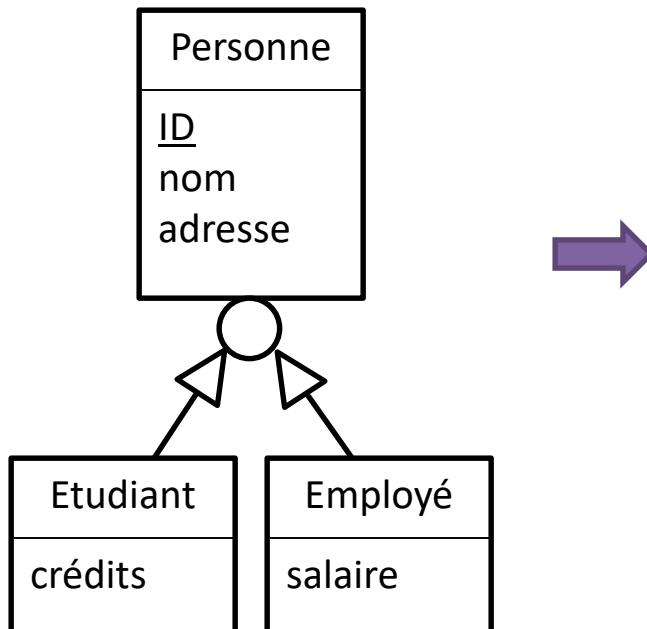
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 2 : le schéma est dupliqué
    - Ajout de contraintes d'intégrité sur les clés
    - Inconvénient
      - Information redondante, cohérence plus difficile à maintenir

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 2 : duplication



### Contraintes référentielles

- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

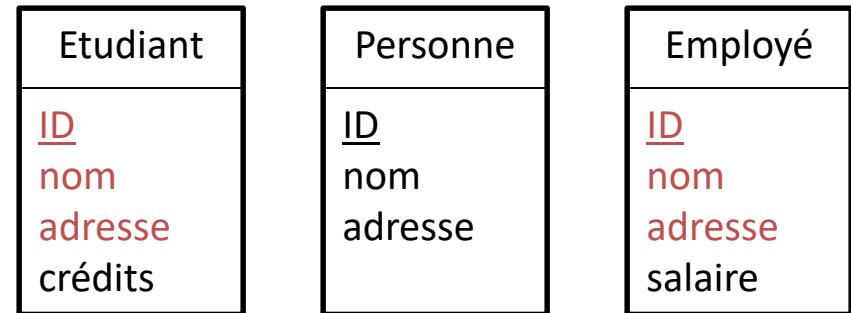
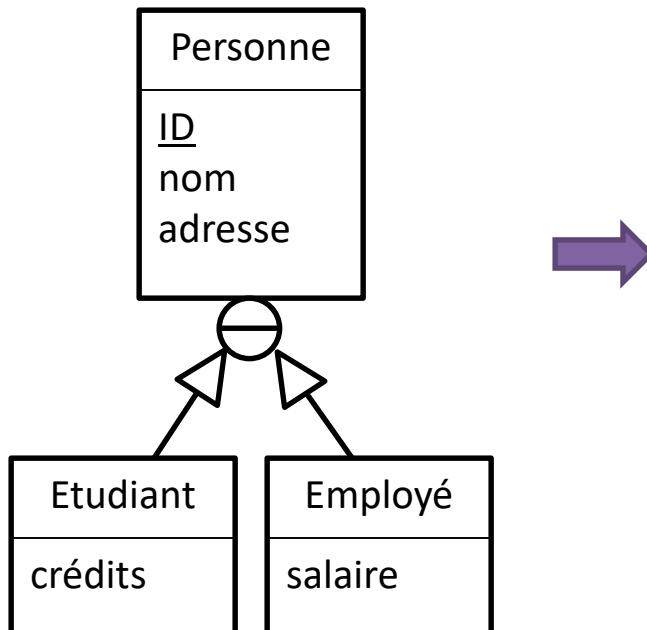
### Contraintes d'intégrité

- $\pi_{ID,nom,adresse}(\text{Etudiant}) \subseteq (\text{Personne})$
- $\pi_{ID,nom,adresse}(\text{Employé}) \subseteq (\text{Personne})$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 2 : duplication



### Contraintes référentielles

- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

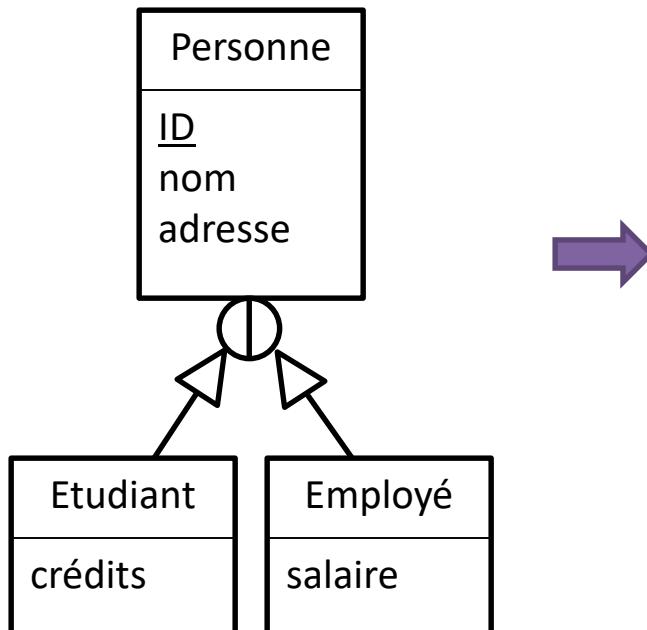
### Contraintes d'intégrité

- $\pi_{ID,nom,adresse}(Etudiant) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID,nom,adresse}(Employé) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cup \pi_{ID}(Employé) = \pi_{ID}(Personne)$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 2 : duplication



Etudiant
<u>ID</u>
nom
adresse
crédits

Personne
<u>ID</u>
nom
adresse

Employé
<u>ID</u>
nom
adresse
salaire

### Contraintes référentielles

- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

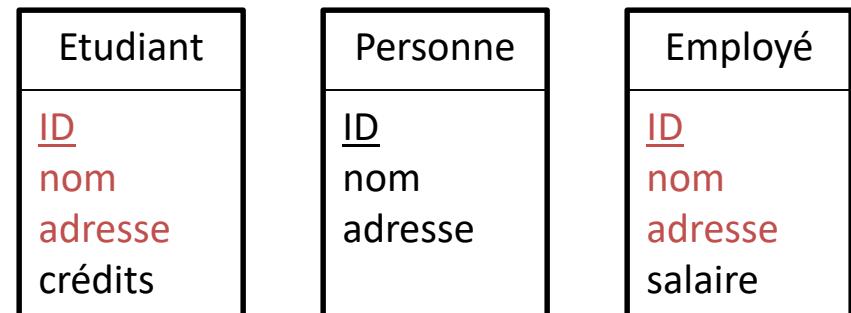
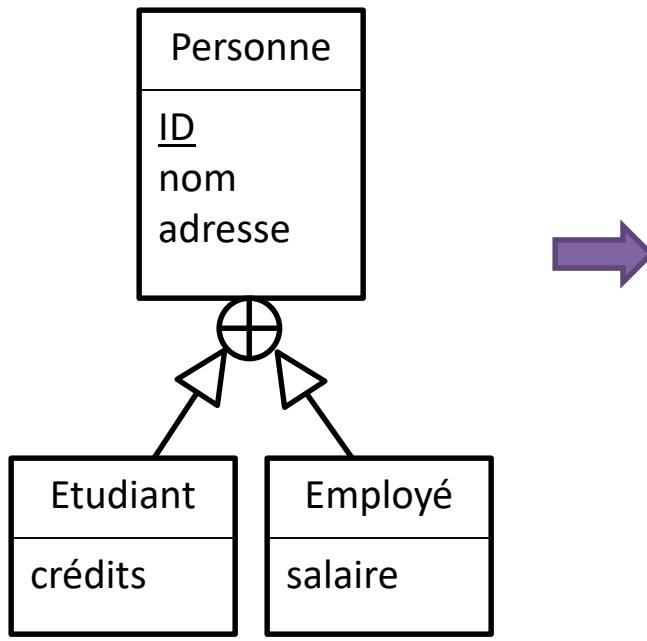
### Contraintes d'intégrité

- $\pi_{ID,nom,adresse}(Etudiant) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID,nom,adresse}(Employé) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cap \pi_{ID}(Employé) = \emptyset$

# Traduction EA ⇒ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 2 : duplication



### Contraintes référentielles

- Etudiant.ID → Personne.ID
- Employé.ID → Personne.ID

### Contraintes d'intégrité

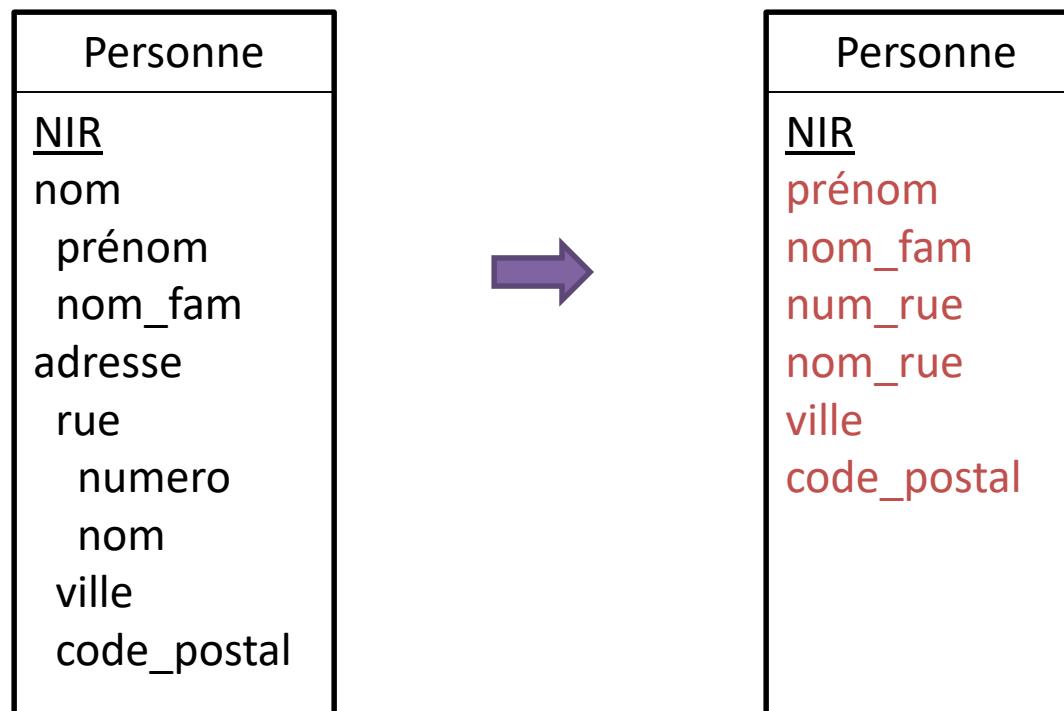
- $\pi_{ID,nom,adresse}(Etudiant) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID,nom,adresse}(Employé) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cap \pi_{ID}(Employé) = \emptyset$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cup \pi_{ID}(Employé) = \pi_{ID}(Personne)$

# Traduction EA ⇒ SR – Attributs composites

## ■ Mise à plat des attributs composites

## ■ Exemple

Mise à plat des attributs nom et adresse d'une Personne



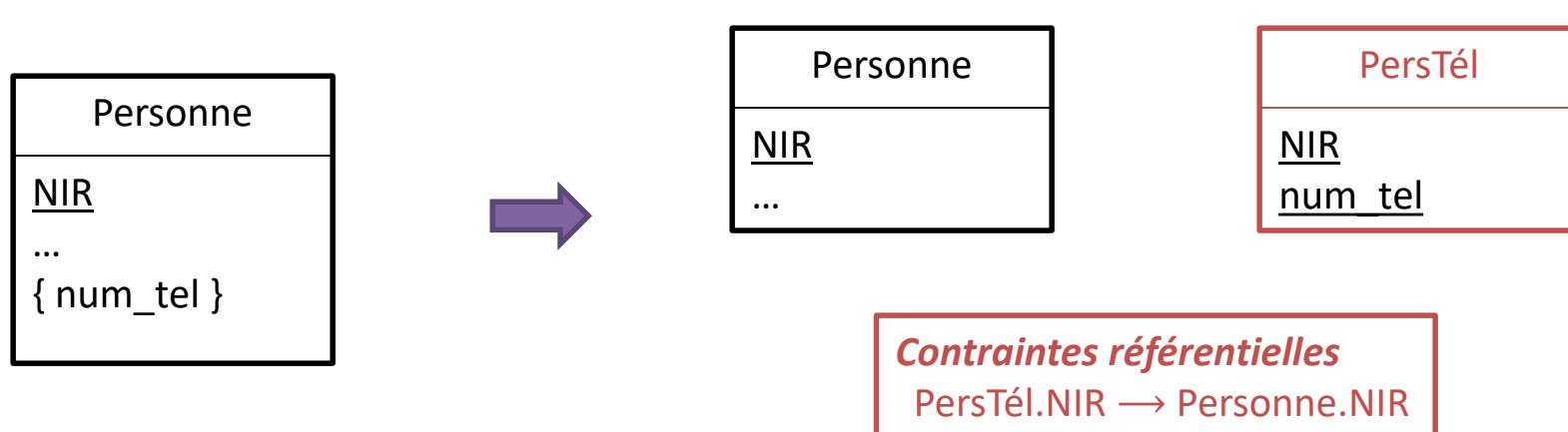
# Traduction EA ⇒ SR – Attributs multivalués

## ■ Deux traductions possibles

- Cas général : création d'une nouvelle entité
  - Regroupant les différentes valeurs de l'attribut
  - Utilisation de la clé de l'entité d'origine
  - Clé étrangère faisant la référence entre les entités

## ■ Exemple

Création de l'entité PersTél



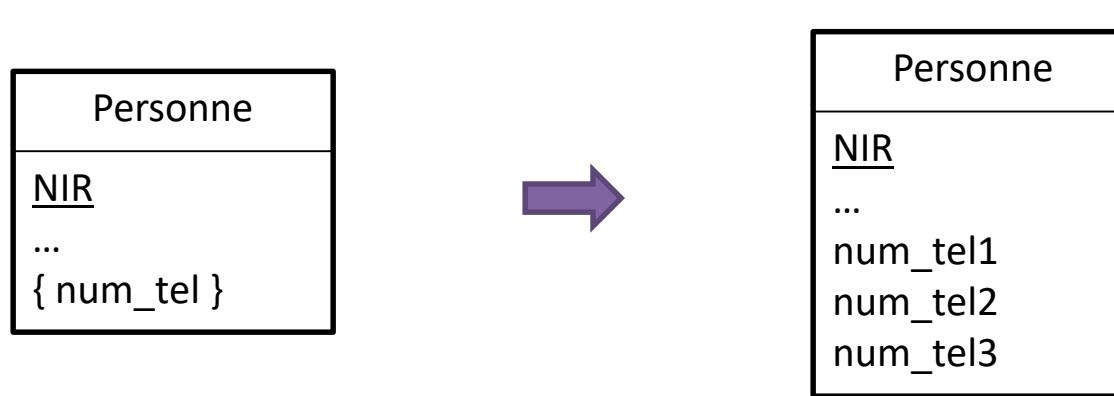
# Traduction EA ⇒ SR – Attributs multivalués

## ■ Deux traductions possibles

- Cas général : création d'une nouvelle entité
- Cas particulier : multiplication de l'attribut
  - Le nombre maximal de valeur est borné et assez petit
  - Difficultés à maintenir (utilisation de la valeur spéciale null)

## ■ Exemple

Création de 3 attributs num\_tel



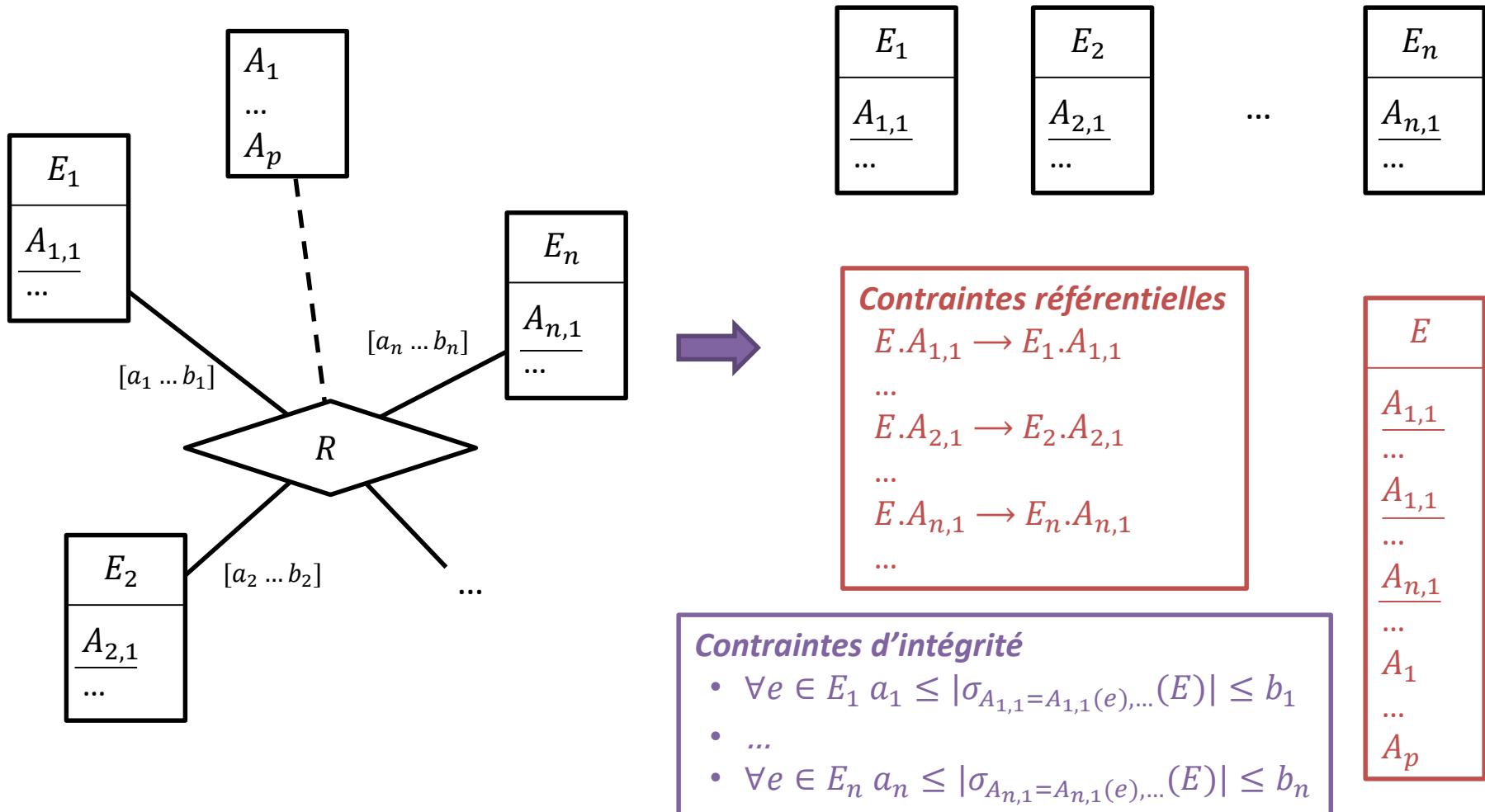
# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

## ■ Technique générale

- Transformation de l'association en un entité
  - Clé primaire : union des clés des entités
  - Contraintes référentielles entre l'association et les entités
  - Contraintes d'intégrité pour rendre compte des cardinalités
- Définition formelle
  - Soit  $n$  ensembles d'entités  $E_1, \dots, E_n$
  - Soit  $K_i = \{A_{i,1}, \dots\}$  la clé primaire de l'ensemble d'entités  $E_i$
  - Soit l'ensemble d'associations  $R$  d'entités  $E_1, \dots, E_n$  et d'attributs  $A_1, \dots, A_p$
  - $R$  est traduit en un ensemble d'entités  $E$ 
    - d'attributs  $\{A_1, \dots, A_p\} \cup \bigcup_i K_i$  et de clé primaire  $\bigcup_i K_i$
  - Contraintes référentielles
    - pour tout  $i, j$  ajouter  $E.A_{i,j} \rightarrow E_i.A_{i,j}$
  - Contrainte d'intégrité : si  $E_i$  a pour cardinalité  $[a \dots b]$  dans  $R$ 
    - ajouter  $\forall e \in E_i \ a \leq |\sigma_{A_{i,1}=A_{i,1}(e), \dots}(E)| \leq b$

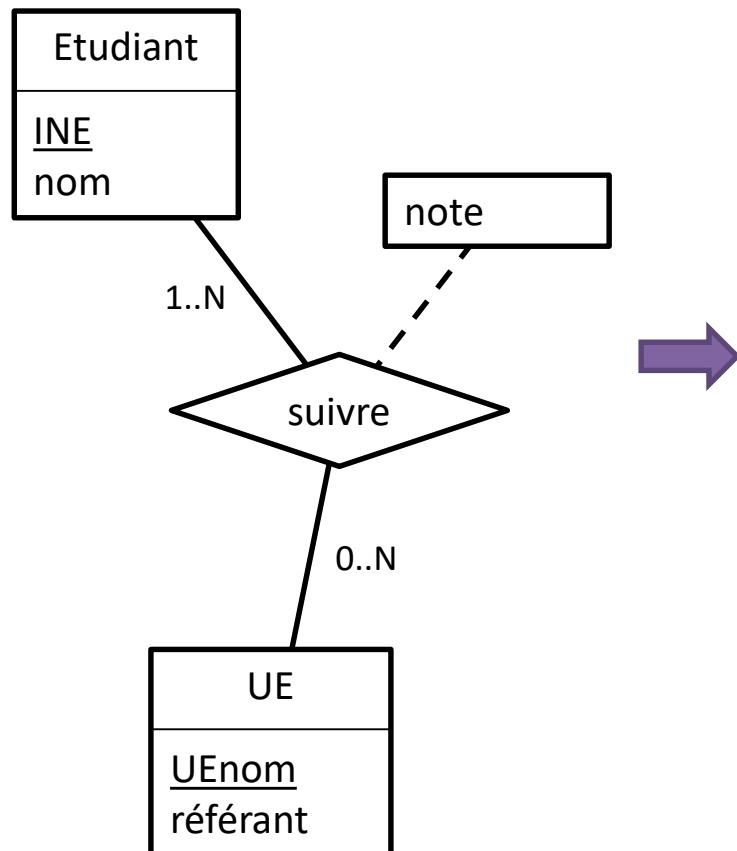
# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

## ■ Technique générale



# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Technique générale



Etudiant
<u>INE</u>
<u>nom</u>

UE
<u>UEnom</u>
<u>référant</u>

**Contraintes référentielles**  
 $\text{Suivre.UEnom} \rightarrow \text{UE.UEnom}$   
 $\text{Suivre.INE} \rightarrow \text{Etudiant.INE}$

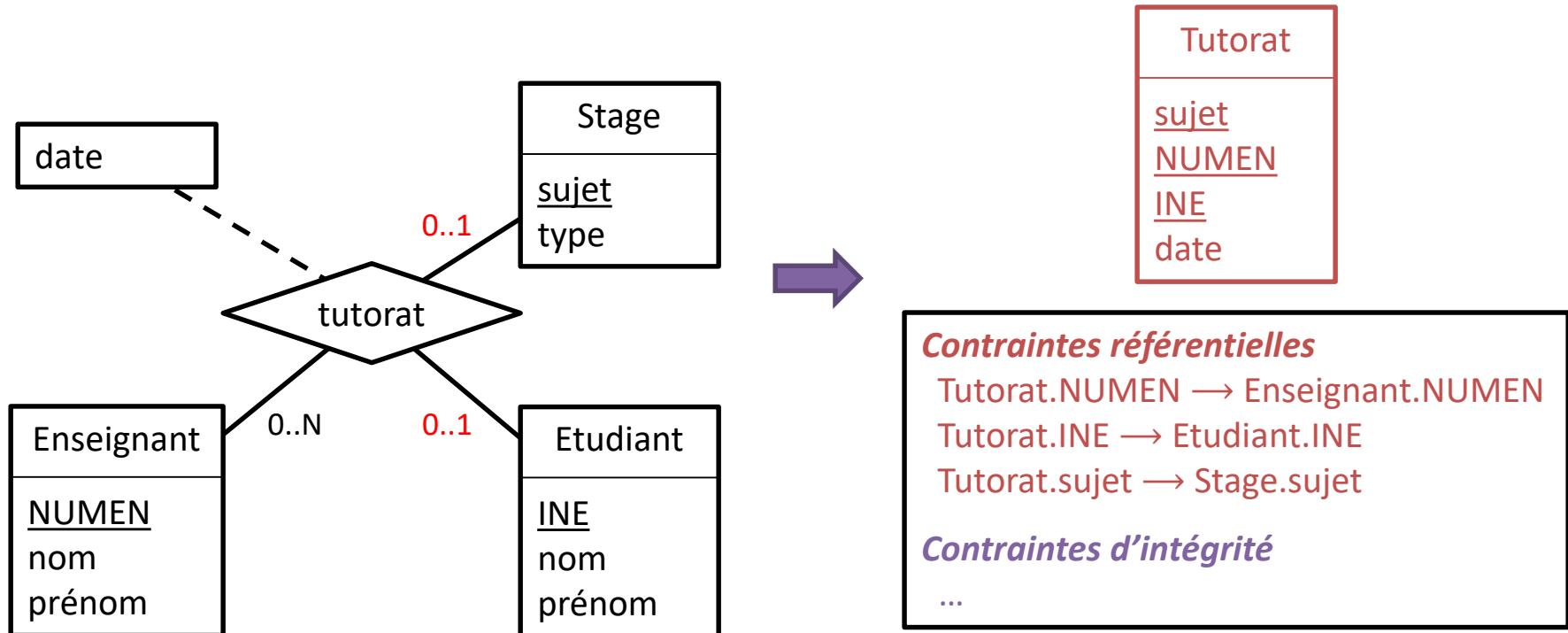
Suivre
<u>UEnom</u>
<u>INE</u>
<u>note</u>

**Contrainte d'intégrité**  
 $\forall e \in \text{Etudiant} \quad 1 \leq |\sigma_{\text{INE}=\text{INE}(e), \dots}(\text{Suivre})|$

# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

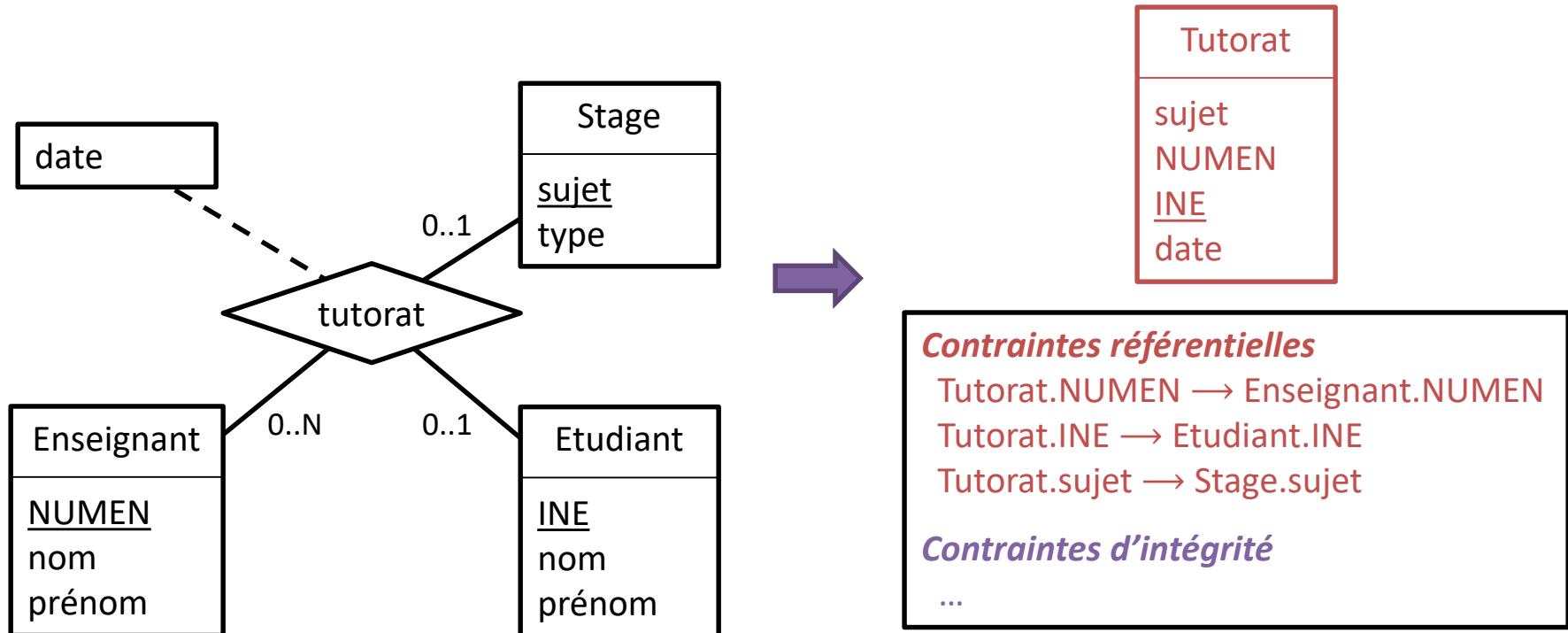
- Génération de clés primaires non-minimales
  - Cardinalité maximale égale à 1
  - Choisir la clé de l'une des entités de card. max. à 1 comme clé primaire
  - Exemple



# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

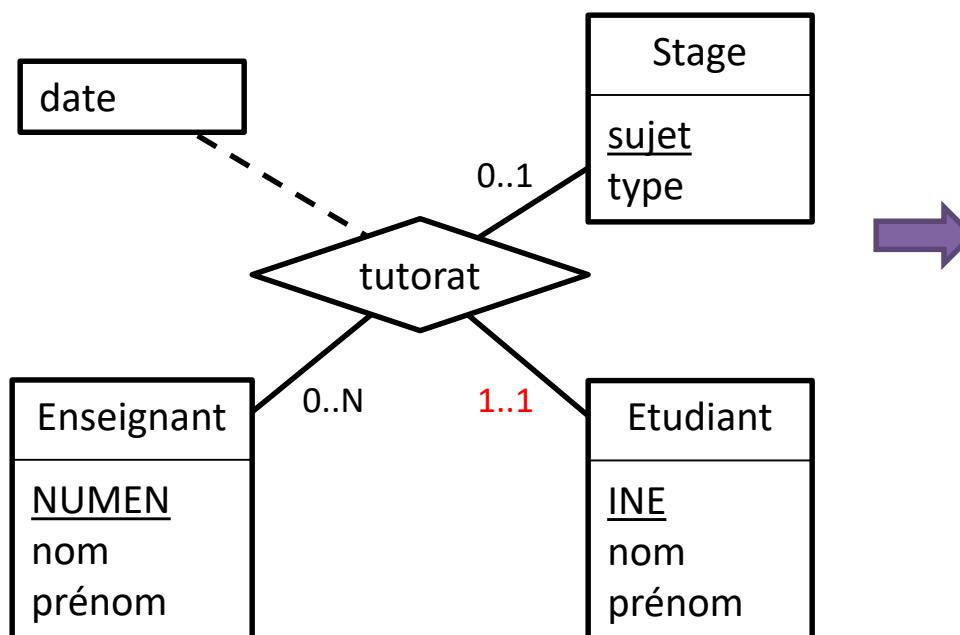
- Génération de clés primaires non-minimales
  - Cardinalité maximale égale à 1
  - Choisir la clé de l'une des entités de card. max. à 1 comme clé primaire
  - Exemple



# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
  - Cas particulier des cardinalités [1..1]
  - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
  - Exemple : une seule entité



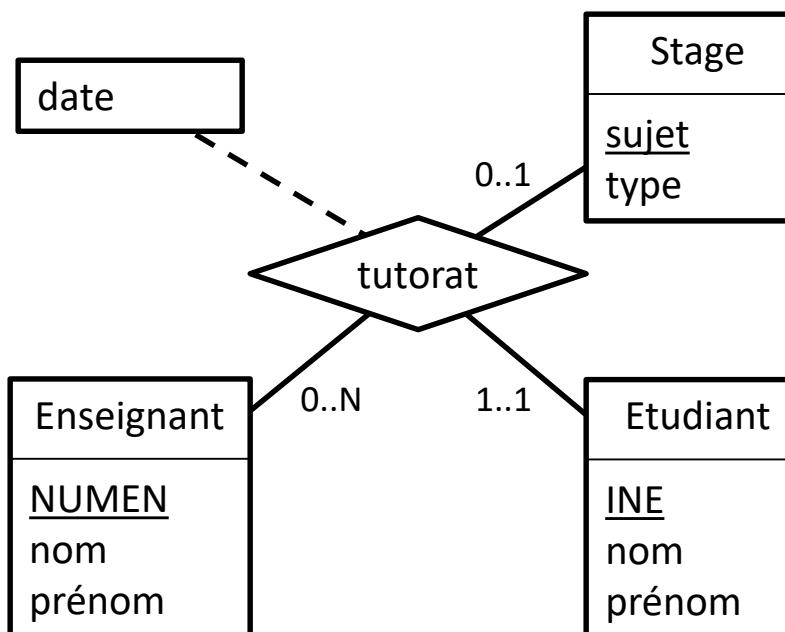
**Contraintes référentielles**  
Tutorat.NUMEN → Enseignant.NUMEN  
Tutorat.INE → Etudiant.INE  
Tutorat.sujet → Stage.sujet

**Contraintes d'intégrité**  
...

# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
  - Cas particulier des cardinalités [1..1]
  - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
  - Exemple : une seule entité



Etudiant
INE
nom
prénom
NUMEN
sujet
date

**Vue Tutorat**  
 $\pi_{INE,NUMEN,sujet,date}(Etudiant)$

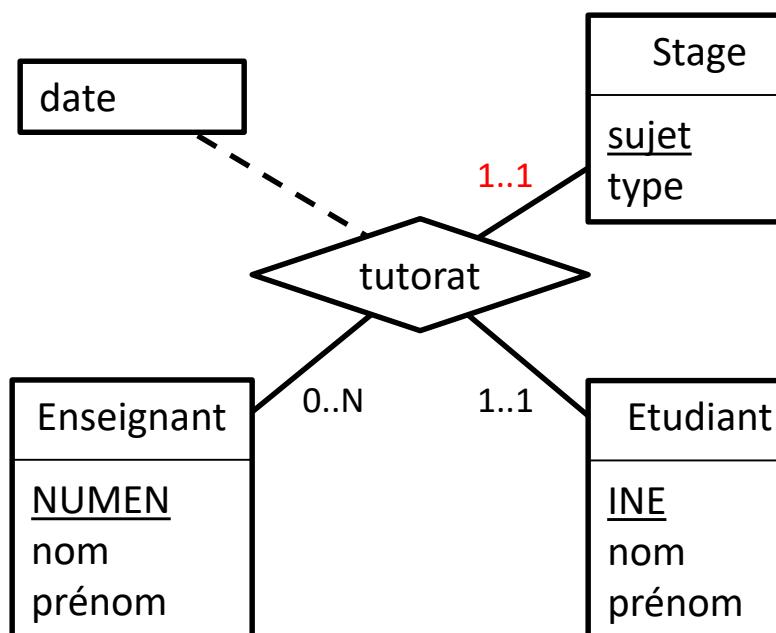
**Contraintes référentielles**  
Etudiant.NUMEN → Enseignant.NUMEN  
Etudiant.sujet → Stage.sujet

**Contraintes d'intégrité**  
...

# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
  - Cas particulier des cardinalités [1..1]
  - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
  - Exemple : plusieurs entités



Etudiant
INE
nom
prénom
NUMEN
sujet
date

**Vue Tutorat**  
 $\pi_{INE,NUMEN,sujet,date}(Etudiant)$

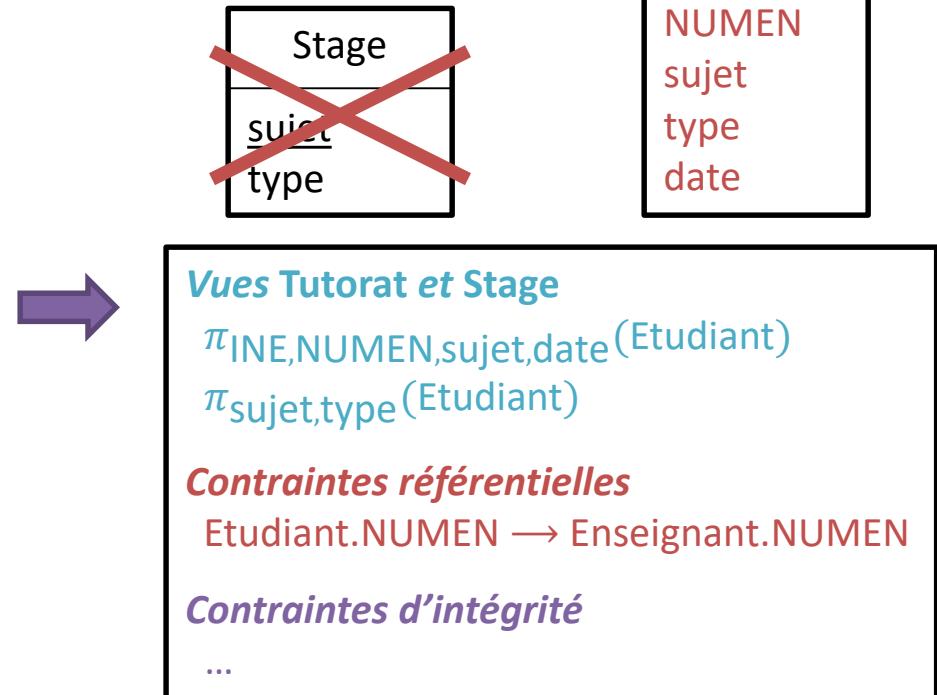
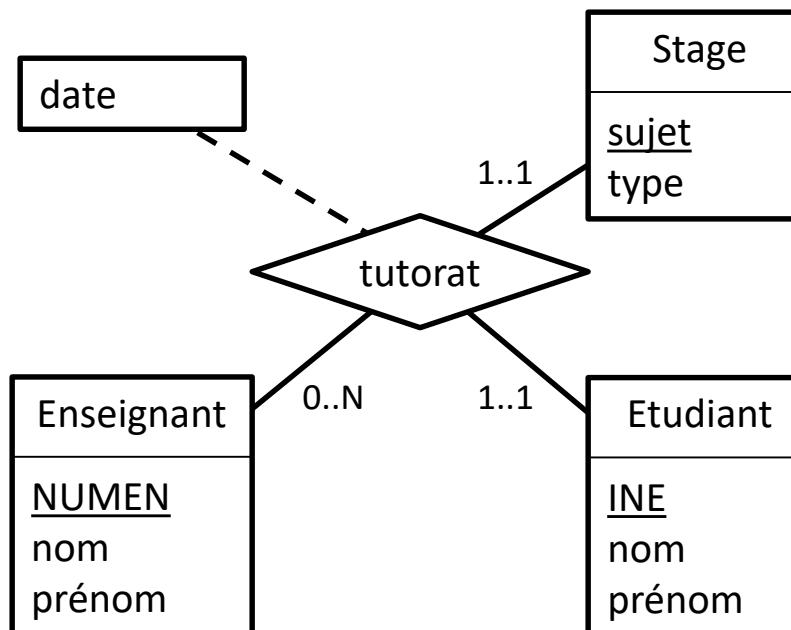
**Contraintes référentielles**  
Etudiant.NUMEN → Enseignant.NUMEN  
Etudiant.sujet → Stage.sujet

**Contraintes d'intégrité**  
...

# Traduction EA ⇒ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

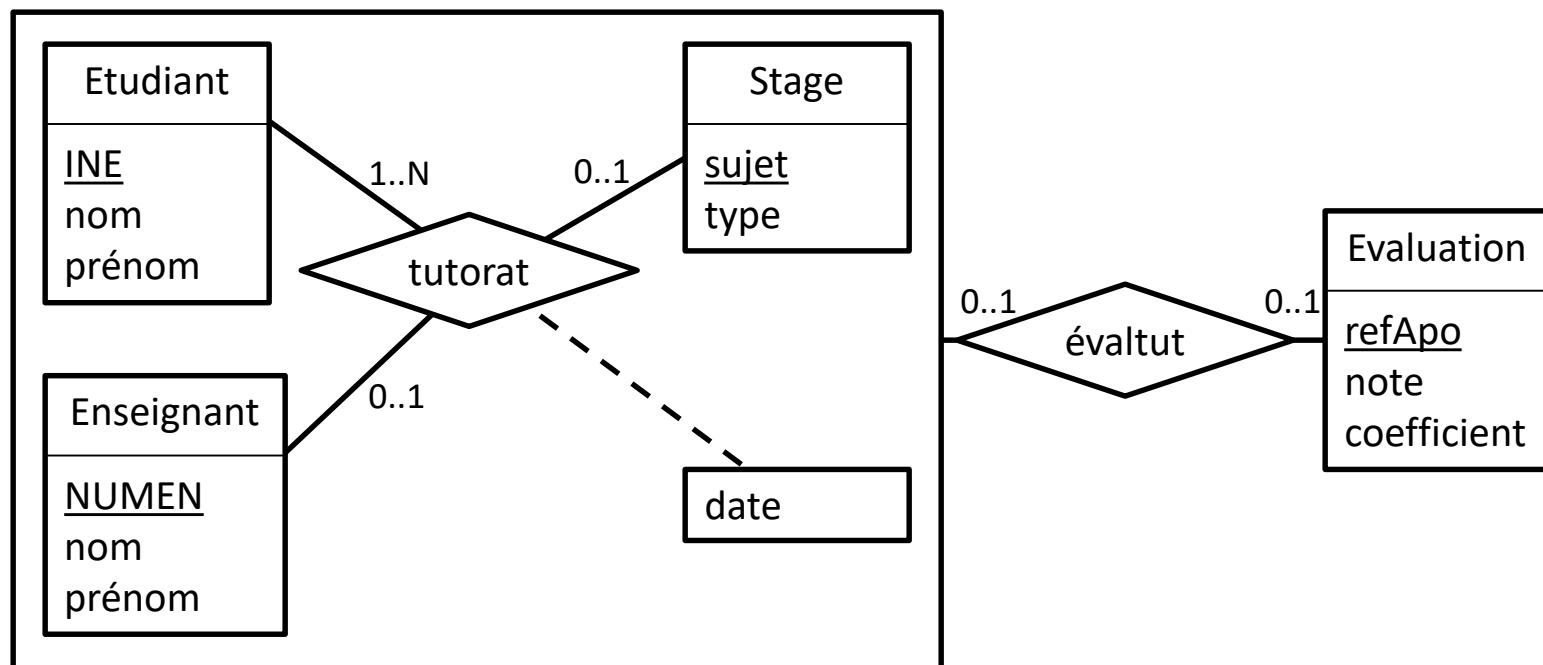
- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
  - Cas particulier des cardinalités [1..1]
  - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
  - Exemple : plusieurs entités



# Traduction EA ⇒ SR – Agrégations

## ■ Traduction des agrégations

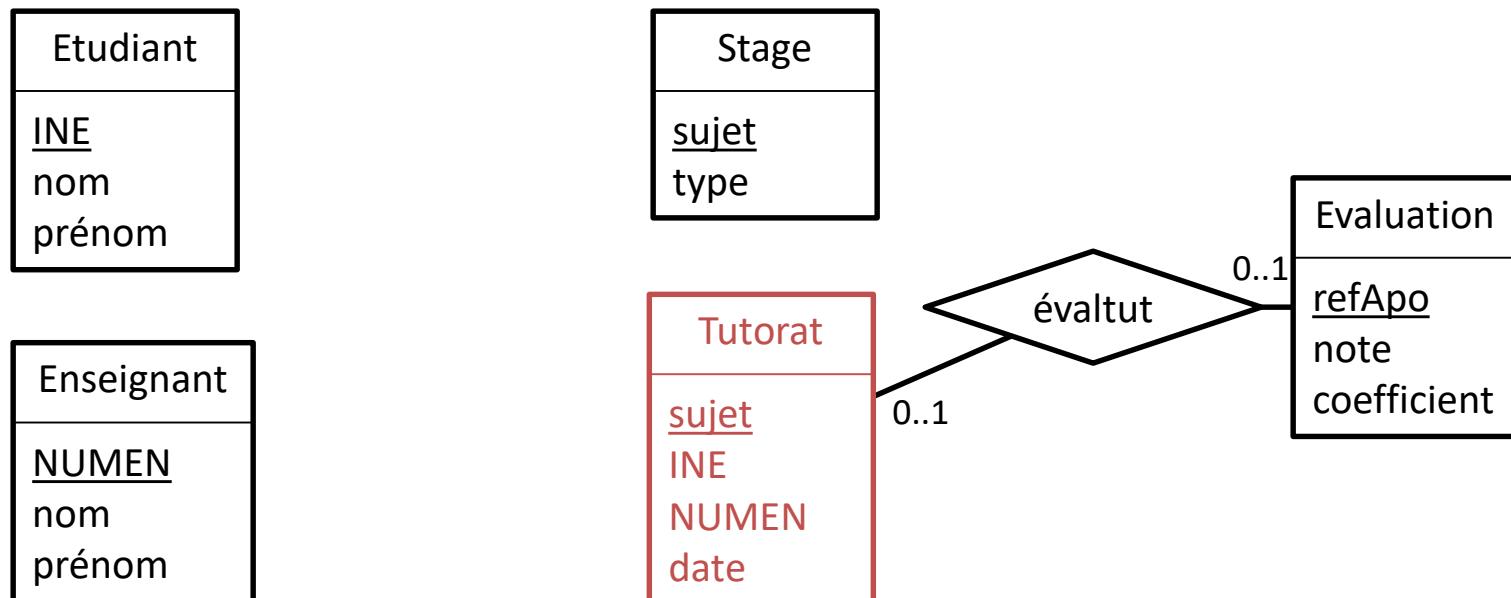
- Ordre supérieur des associations
  - Associations entre associations
- Transformation triviale
  - Association agrégée traduite en entité (cf. slides précédents)
  - Association d'ordre supérieur ramenée à une association de première ordre



# Traduction EA ⇒ SR – Agrégations

## ■ Traduction des agrégations

- Ordre supérieur des associations
  - Associations entre associations
- Transformation triviale
  - Association agrégée traduite en entité (cf. slides précédents)
  - Association d'ordre supérieur ramenée à une association de première ordre



# Traduction EA ⇒ SR – Agrégations

## ■ Traduction des agrégations

- Ordre supérieur des associations
  - Associations entre associations
- Transformation triviale
  - Association agrégée traduite en entité (cf. slides précédents)
  - Association d'ordre supérieur ramenée à une association de première ordre

Etudiant
<u>INE</u>
nom
prénom

Stage
<u>sujet</u>
type

Evaluation
<u>refApo</u>
note
coefficient

Enseignant
<u>NUMEN</u>
nom
prénom

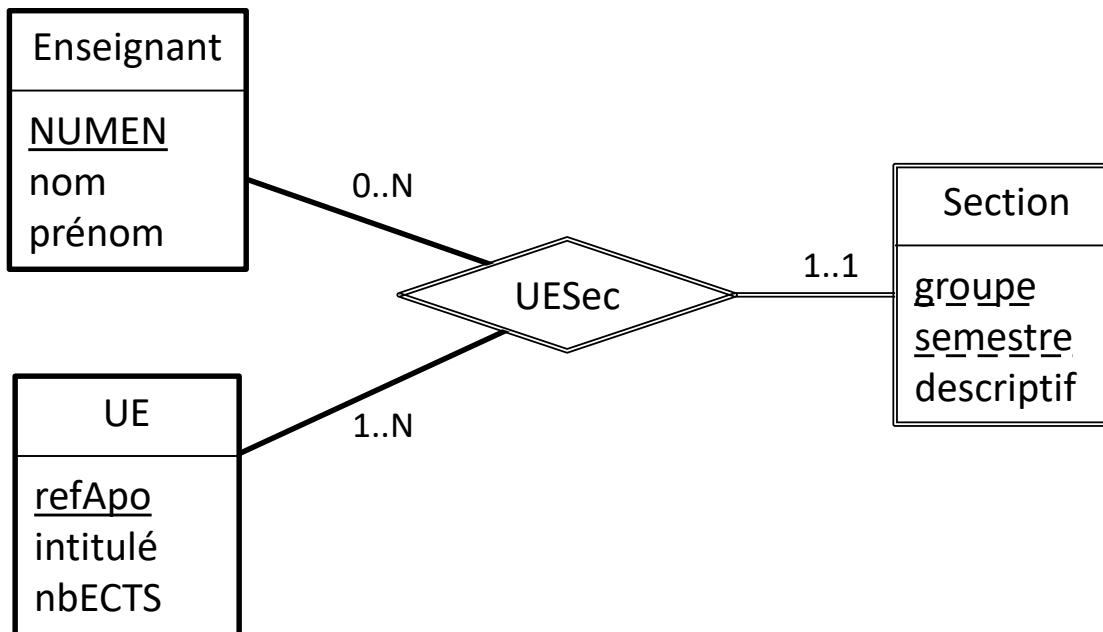
Tutorat
<u>sujet</u>
INE
NUMEN
date

Evaltut
<u>refApo</u>
sujet

# Traduction EA ⇒ SR – Entités faibles

## ■ Traduction des ensembles d'entités faibles

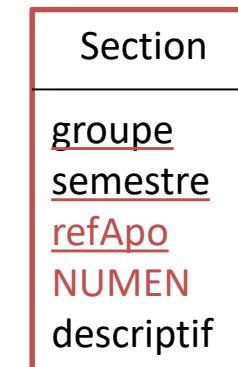
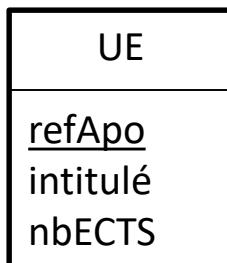
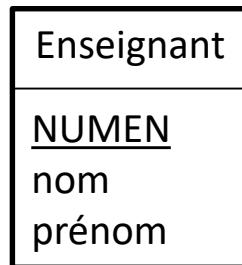
- Ensemble d'entités sans clé primaire
  - Le discriminant définit une sous-partie de la clé primaire
- Transformation en ensemble d'entités fort
  - Fusion avec l'association identifiante
  - Utilisation des clés primaires des entités identifiantes



# Traduction EA ⇒ SR – Entités faibles

## ■ Traduction des ensembles d'entités faibles

- Ensemble d'entités sans clé primaire
  - Le discriminant définit une sous-partie de la clé primaire
- Transformation en ensemble d'entités fort
  - Fusion avec l'association identifiante
  - Utilisation des clés primaires des entités identifiantes





-- FIN --