

---

Base de données

Traduction

modèle E/A  $\Rightarrow$  schéma relationnel

L3 Informatique

Antoine Spicher

`antoine.spicher@u-pec.fr`

---

# Plan



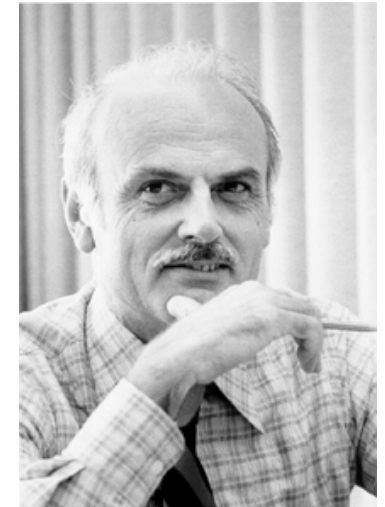
- Rappels du modèle relationnel
  
- Entité/Association  $\Rightarrow$  schéma relationnel

# Modèle relationnel, rappels

## ■ Origine

- Edgar Frank "Ted" Codd (1970)

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



Edgar Frank "Ted" Codd  
(source : Wikipédia)

## ■ 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
	...	...	...	...	...

# 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 (  $\longrightarrow$  )

### □ 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  $\Rightarrow$  modèle relationnel

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR

## ■ Big Picture...

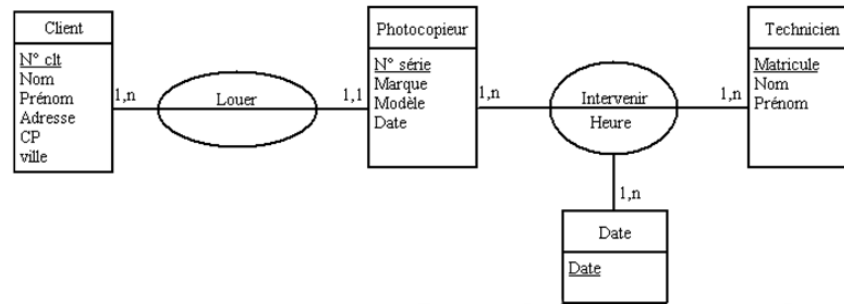


Schéma conceptuel  
Entités/Associations

Schéma  
relationnel/logique

Conception

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





# 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 $\Rightarrow$ SR

---

## ■ Étapes de la traduction EA $\Rightarrow$ SR

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ 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 $\Rightarrow$ SR – Héritage

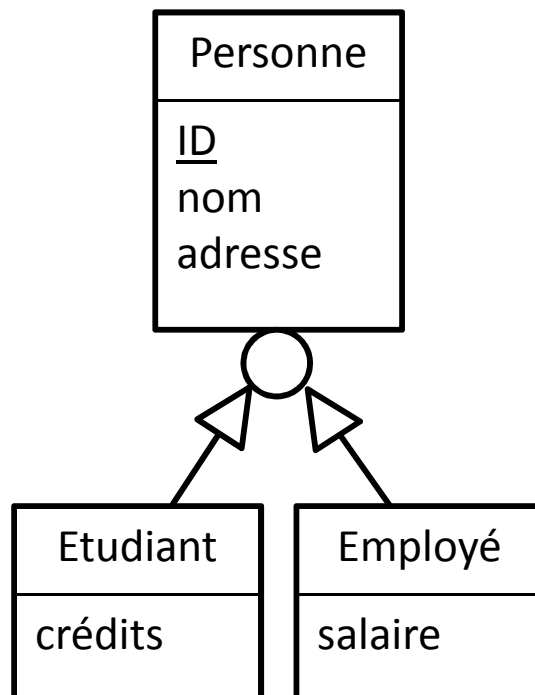
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité

- Exemple

{étu, emp, étuemp, autre}  $\ni$

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



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

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

### Vues Etudiant et Employé

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

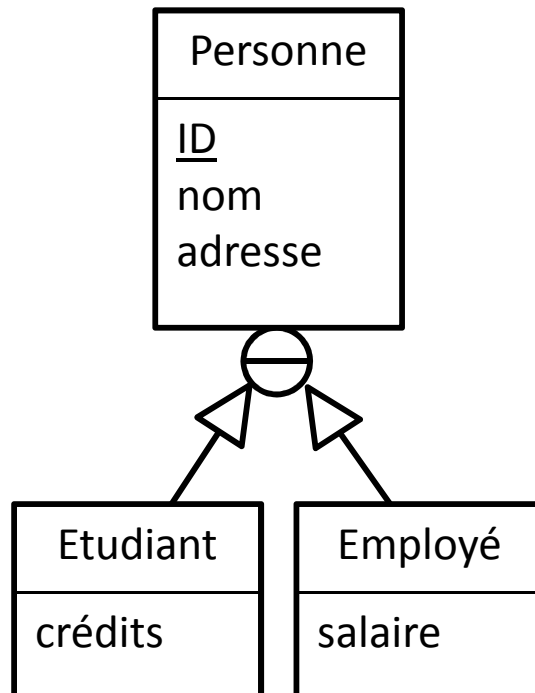
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité

- Exemple

{étu, emp, étuemp}  $\ni$

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



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

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

### Vues Etudiant et Employé

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

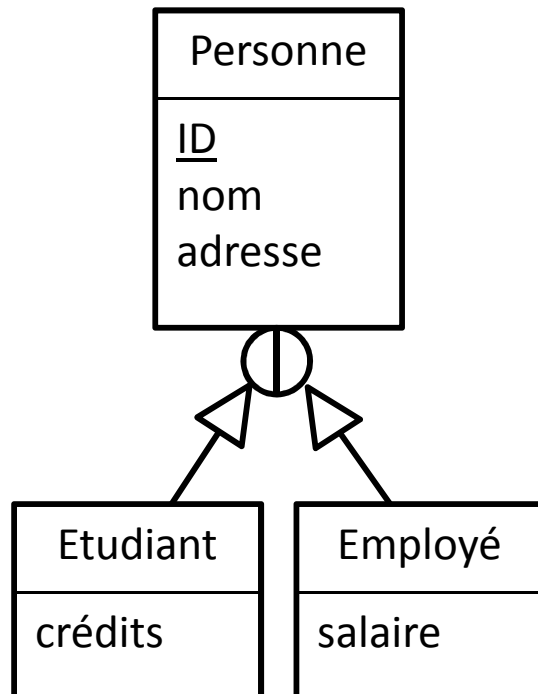
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité

- Exemple

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

{étu, emp, autre}  $\ni$



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

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

### Vues Etudiant et Employé

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

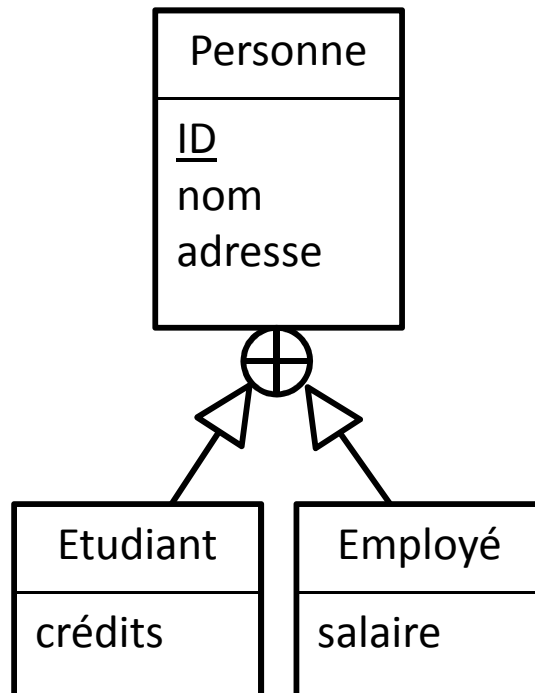
## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité

- Exemple

{étu, emp}  $\ni$

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



### Contraintes d'intégrité (type héritage)

- $\text{type} = \text{étu} \Rightarrow \text{salaire} = \text{null} \wedge \text{crédit} \neq \text{null}$
- $\text{type} = \text{emp} \Rightarrow \text{salaire} \neq \text{null} \wedge \text{crédit} = \text{null}$

### Vues Etudiant et Employé

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ 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

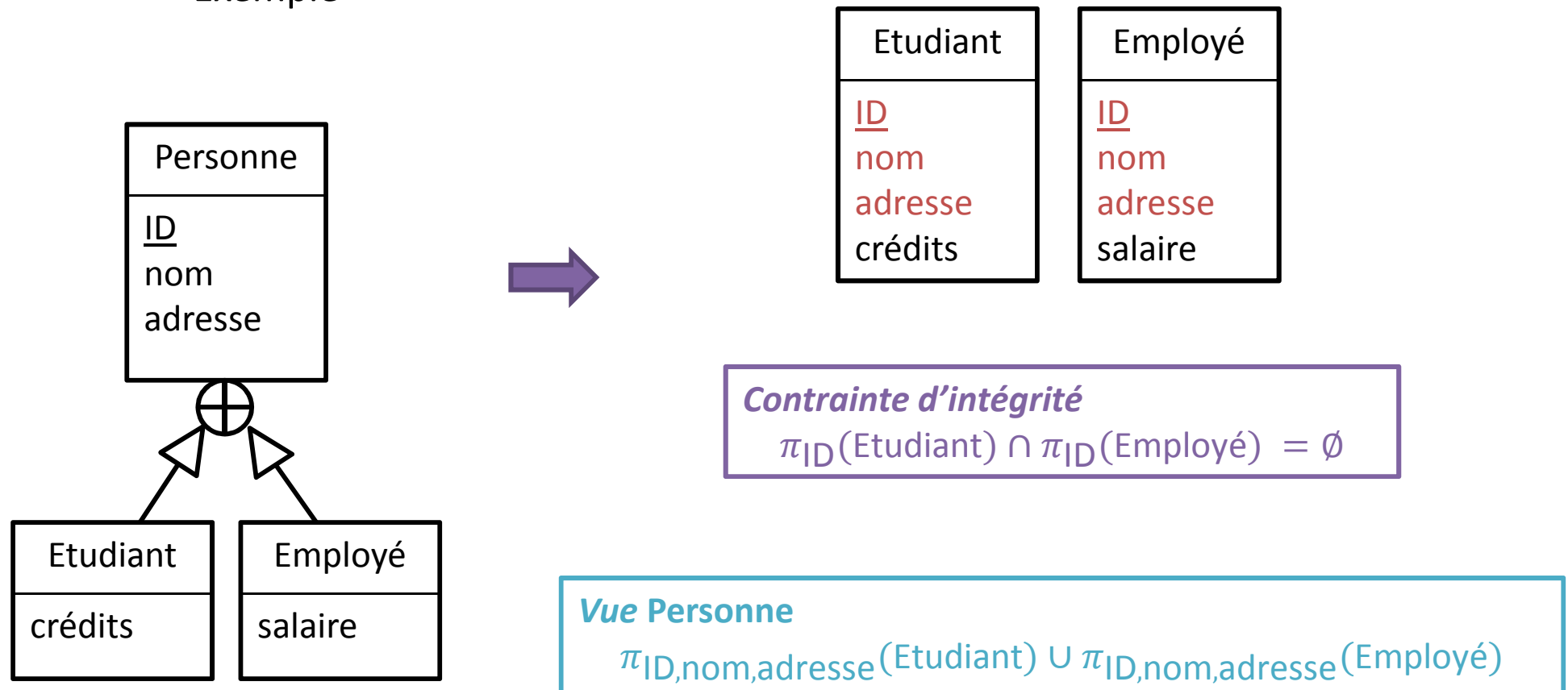


# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

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

### ■ Exemple



# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

---

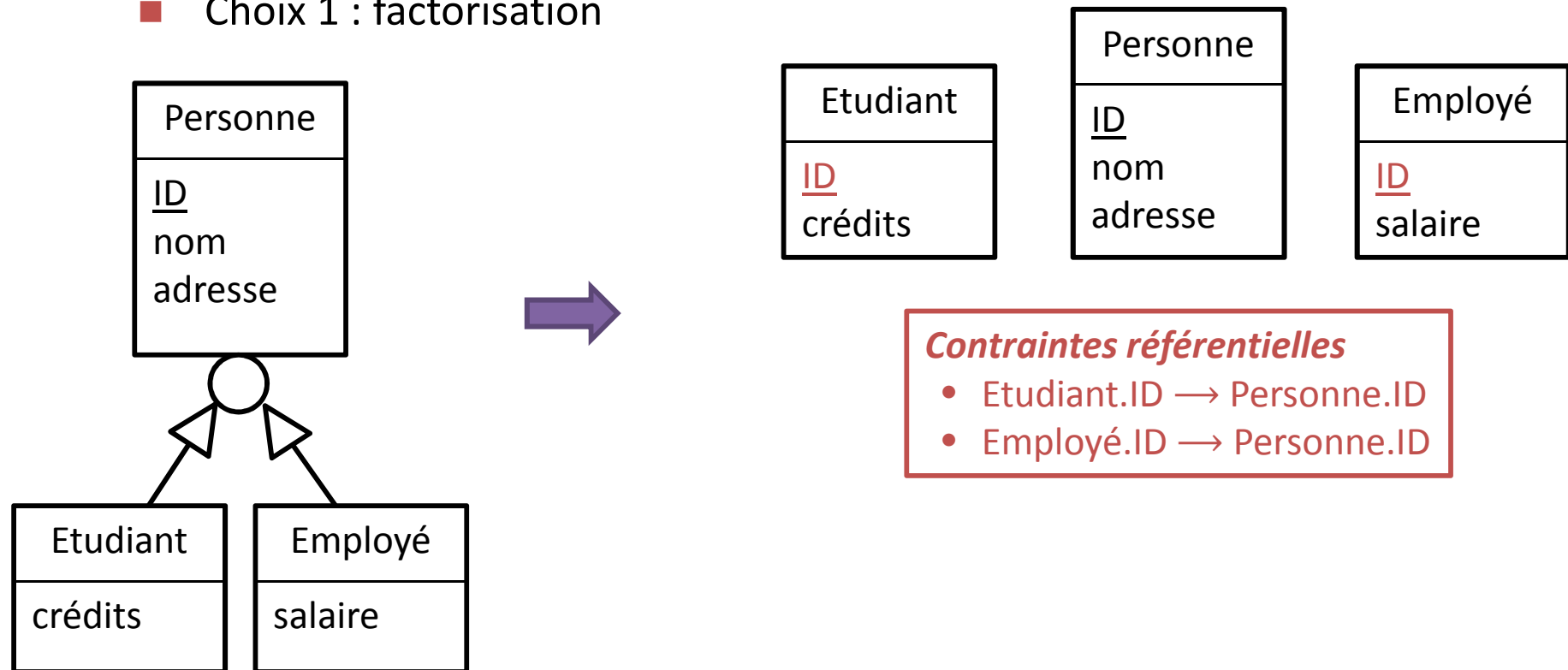
## ■ Trois solutions possibles

- 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 $\Rightarrow$ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

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

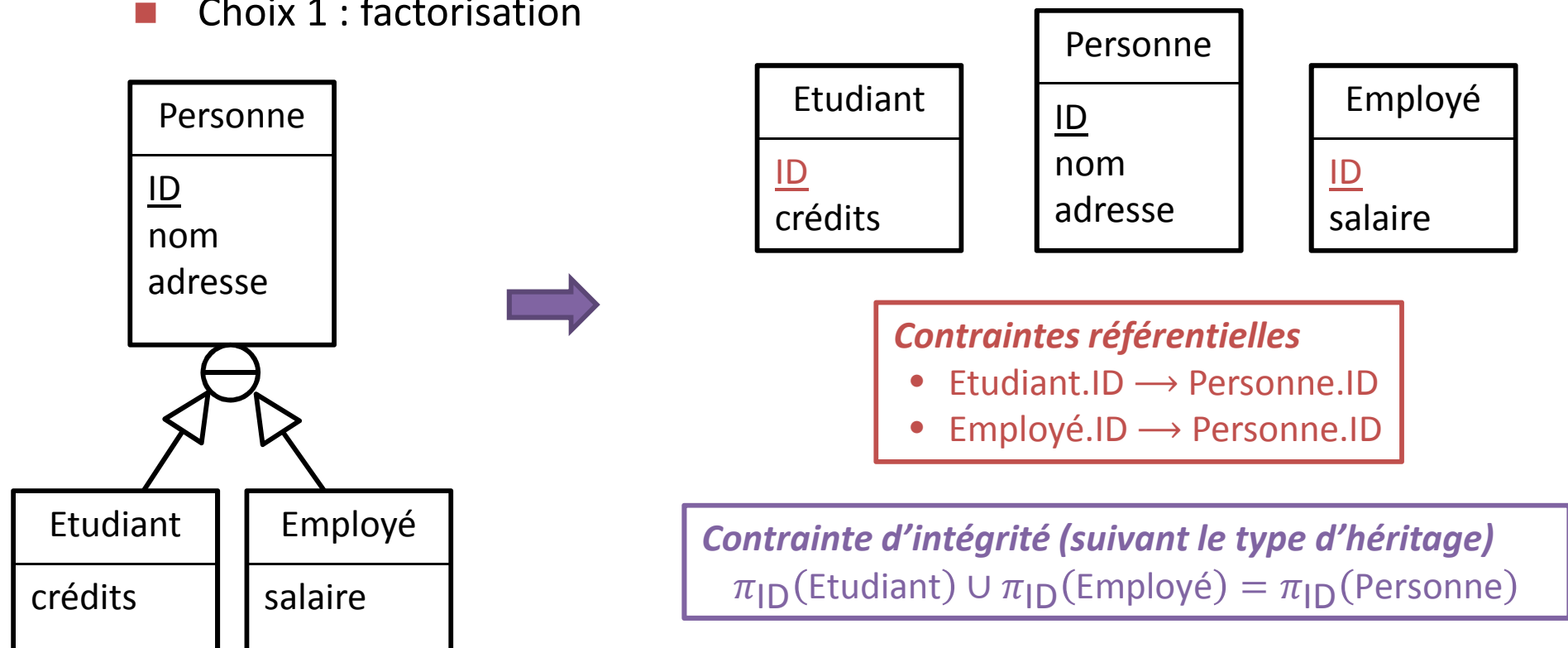


# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités

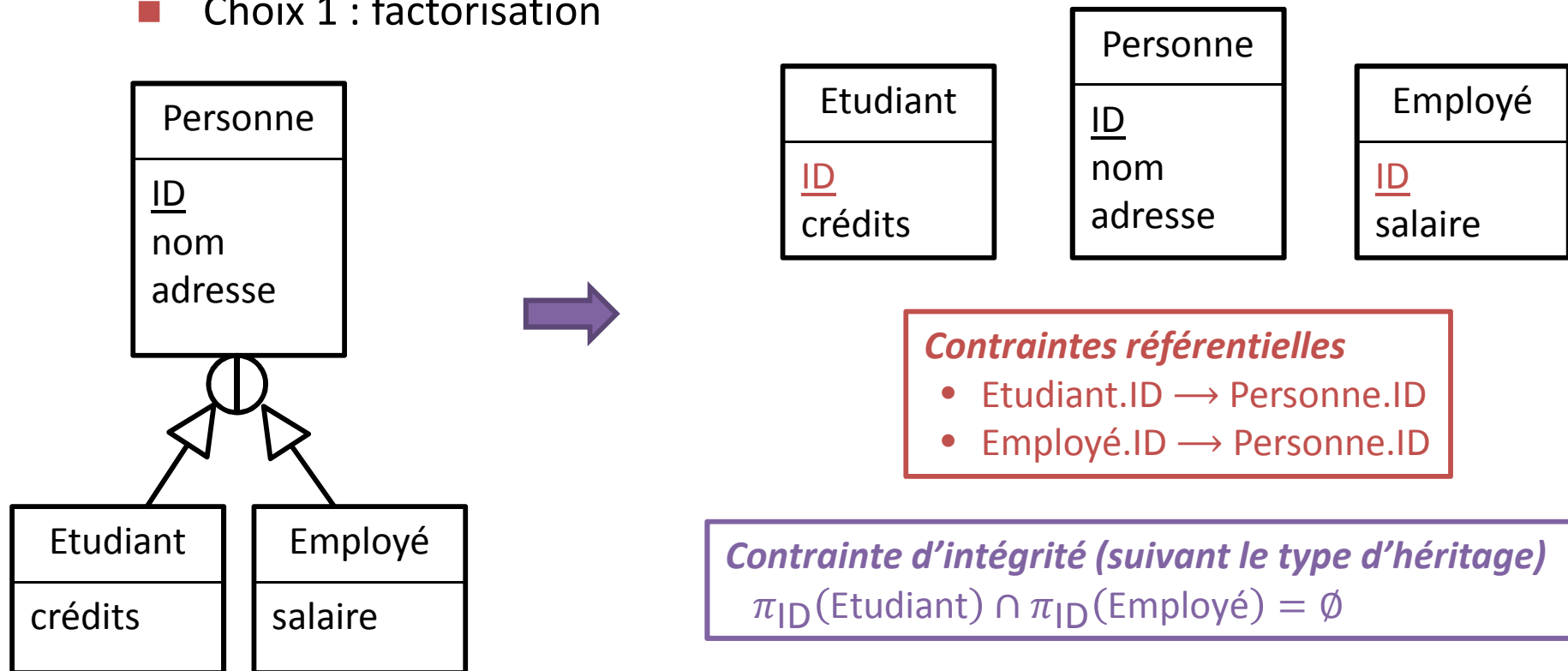
### ■ Choix 1 : factorisation



# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

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

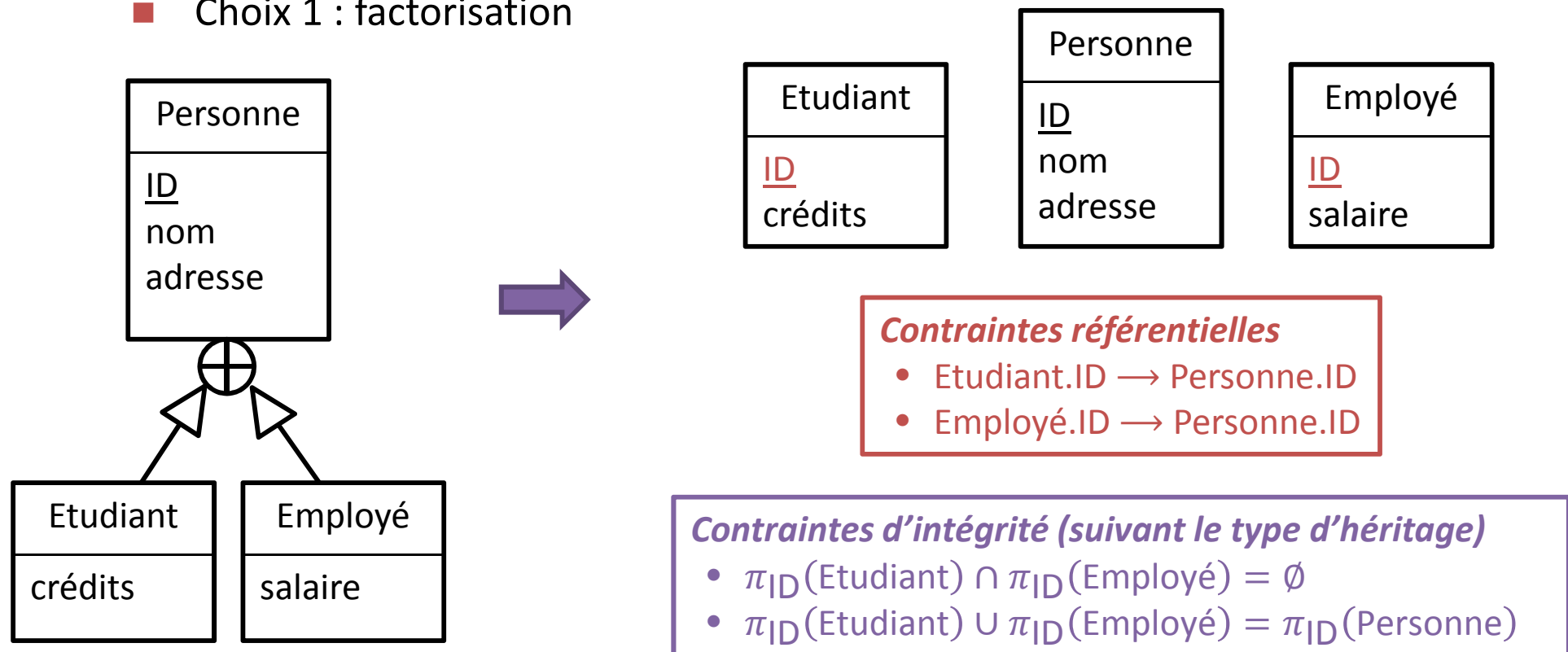


# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

## ■ Trois solutions possibles

- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités

### ■ Choix 1 : factorisation



# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Héritage

---

## ■ Trois solutions possibles

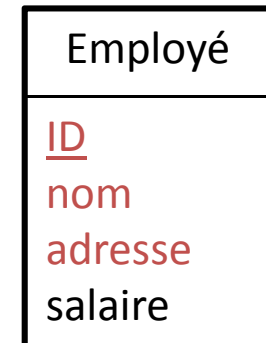
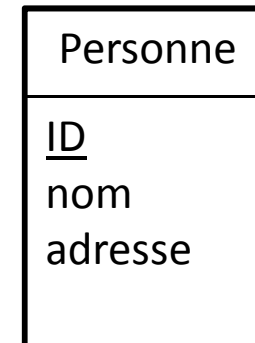
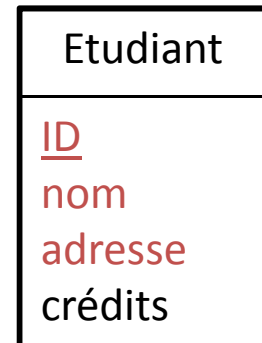
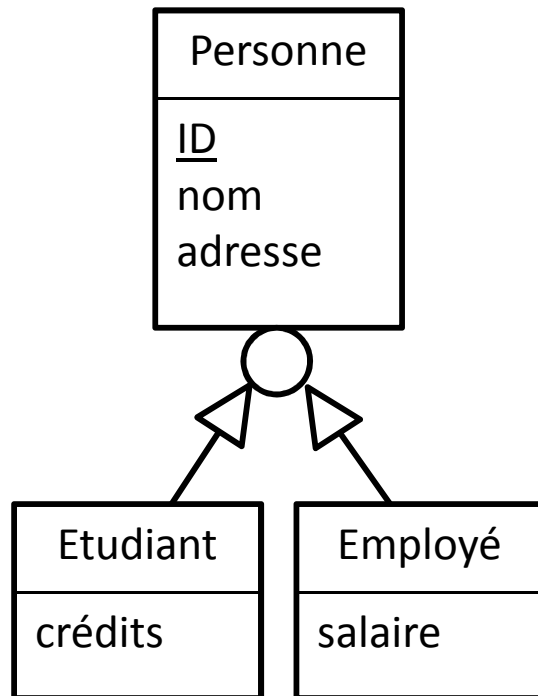
- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
  - Choix 2 : le schéma est dupliqué
    - Ajout de contraintes d'intégrité sur les clés
    - Inconvénient

Information redondante, cohérence plus difficile à maintenir

# Traduction EA $\Rightarrow$ 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  $\rightarrow$  Personne.ID
- Employé.ID  $\rightarrow$  Personne.ID

### *Contraintes d'intégrité*

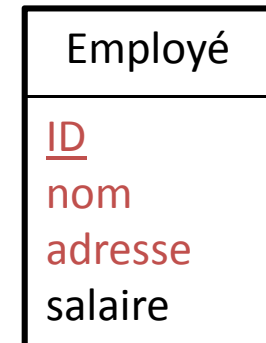
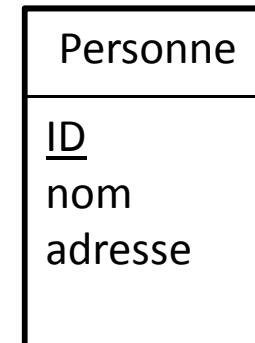
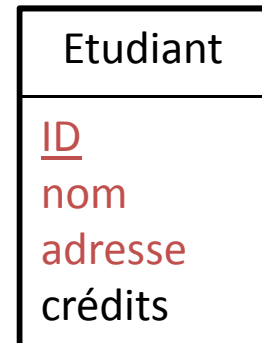
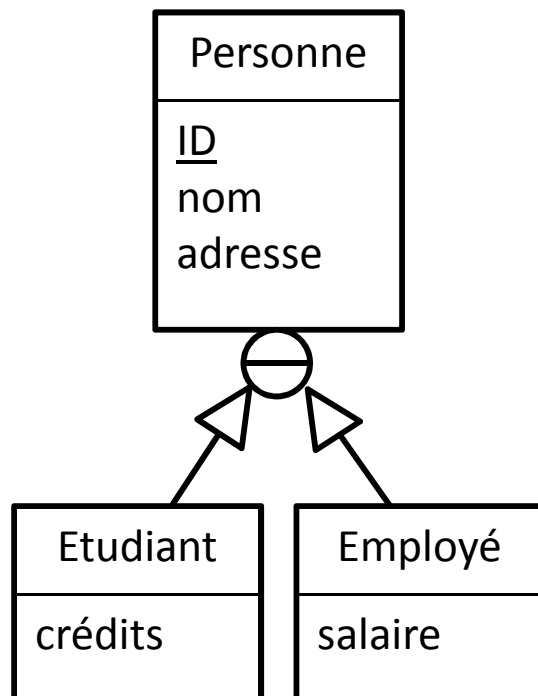
- $\pi_{ID,nom,adresse}(\text{Etudiant}) \subseteq (\text{Personne})$
- $\pi_{ID,nom,adresse}(\text{Employé}) \subseteq (\text{Personne})$



# Traduction EA $\Rightarrow$ 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  $\rightarrow$  Personne.ID
- Employé.ID  $\rightarrow$  Personne.ID

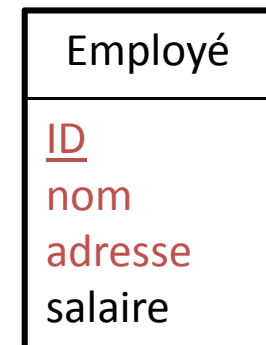
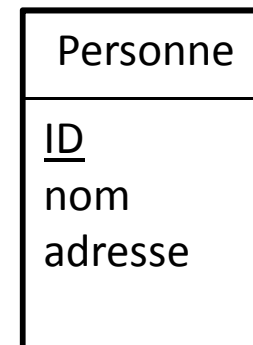
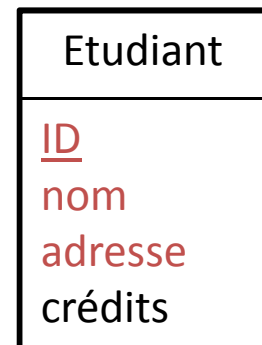
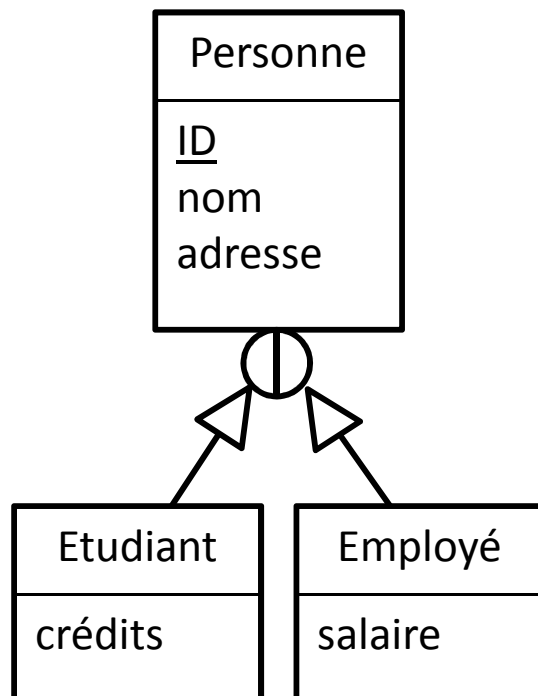
### *Contraintes d'intégrité*

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ 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  $\rightarrow$  Personne.ID
- Employé.ID  $\rightarrow$  Personne.ID

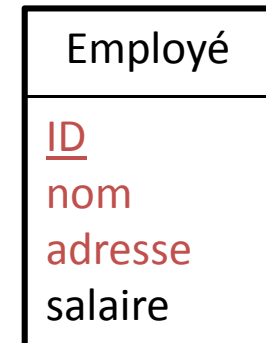
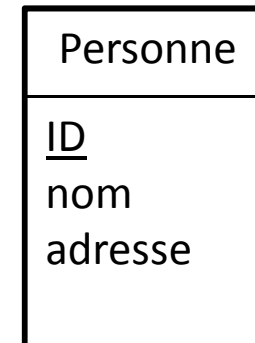
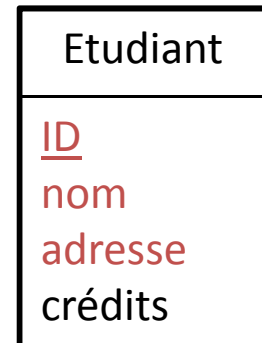
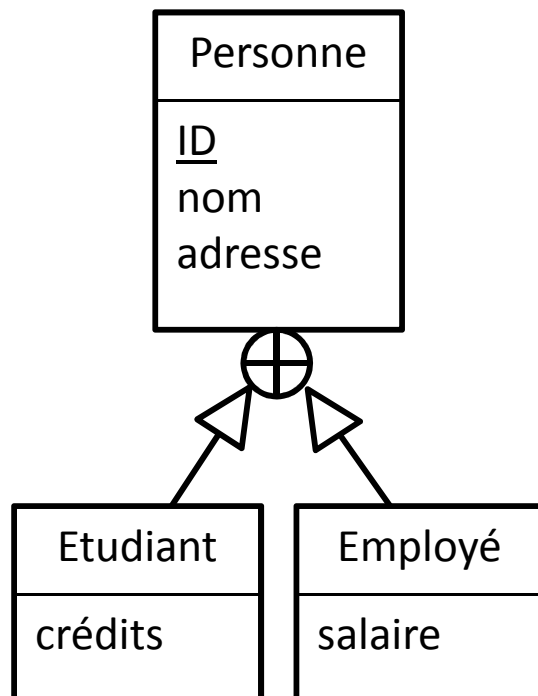
### *Contraintes d'intégrité*

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ 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  $\rightarrow$  Personne.ID
- Employé.ID  $\rightarrow$  Personne.ID

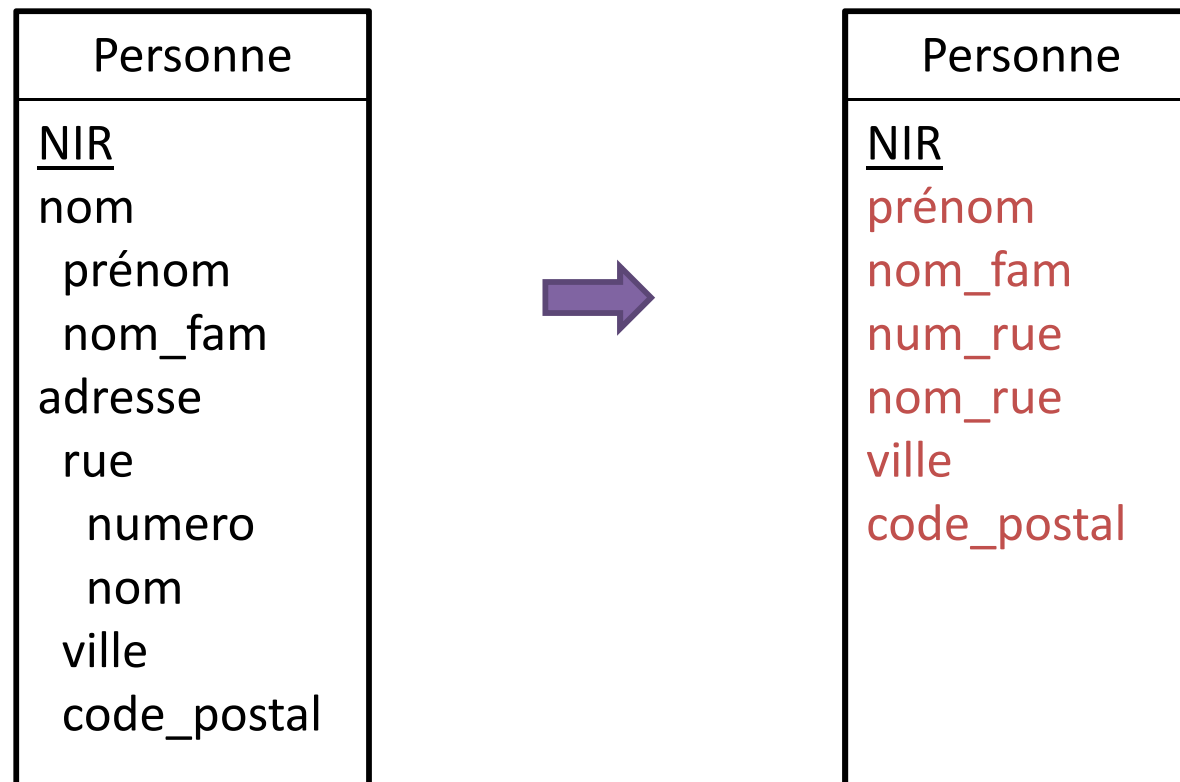
### *Contraintes d'intégrité*

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

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Attributs composites

- Mise à plat des attributs composites
- Exemple

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



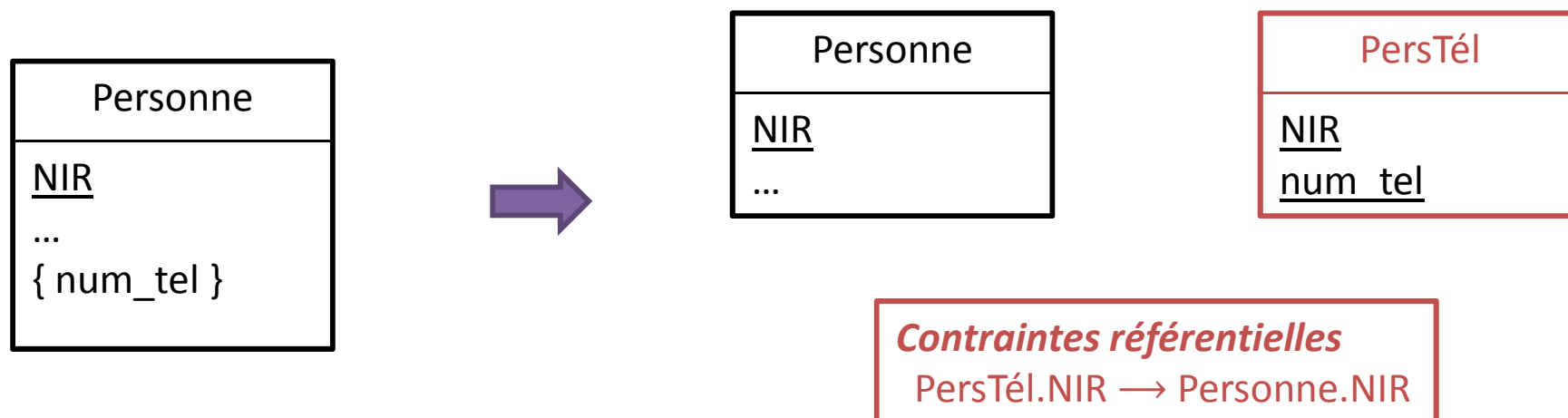
# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Attributs multivalués

## ■ 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



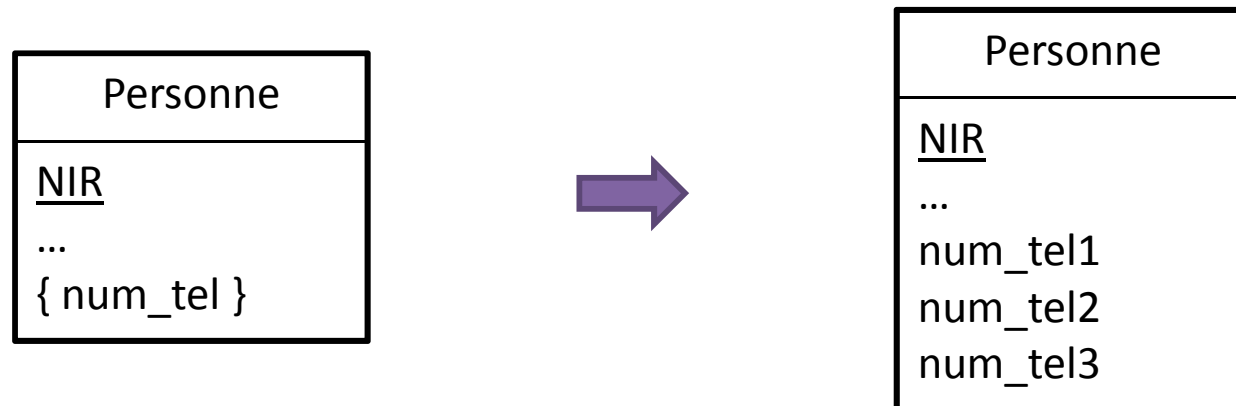
# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Attributs multivalués

## ■ 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

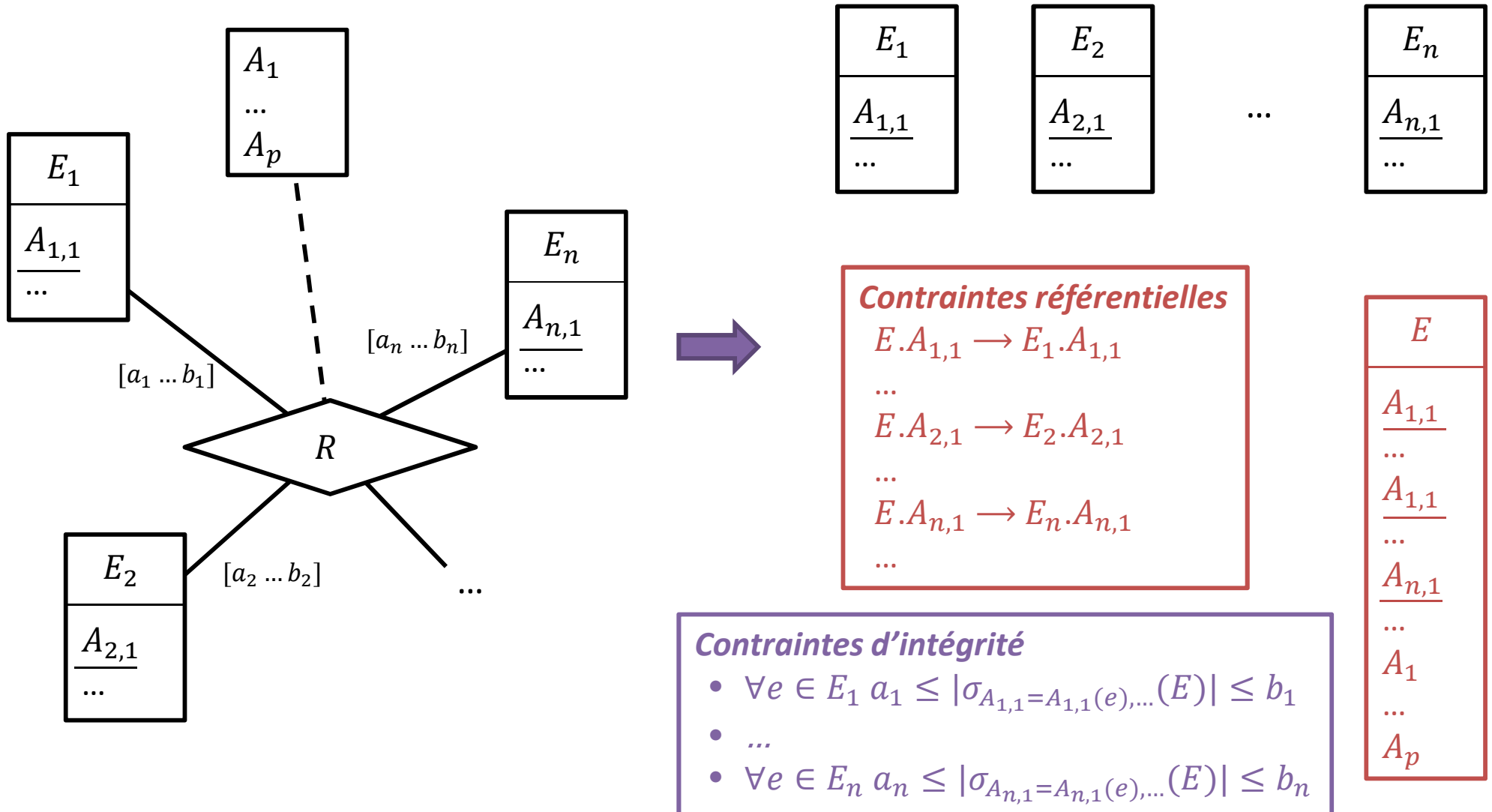
- Clé primaire : union des clés des entités
- Contraintes référentielles entre l'association et les entités
- Contraintes d'intégrité pour rendre compte des cardinalités

### □ 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

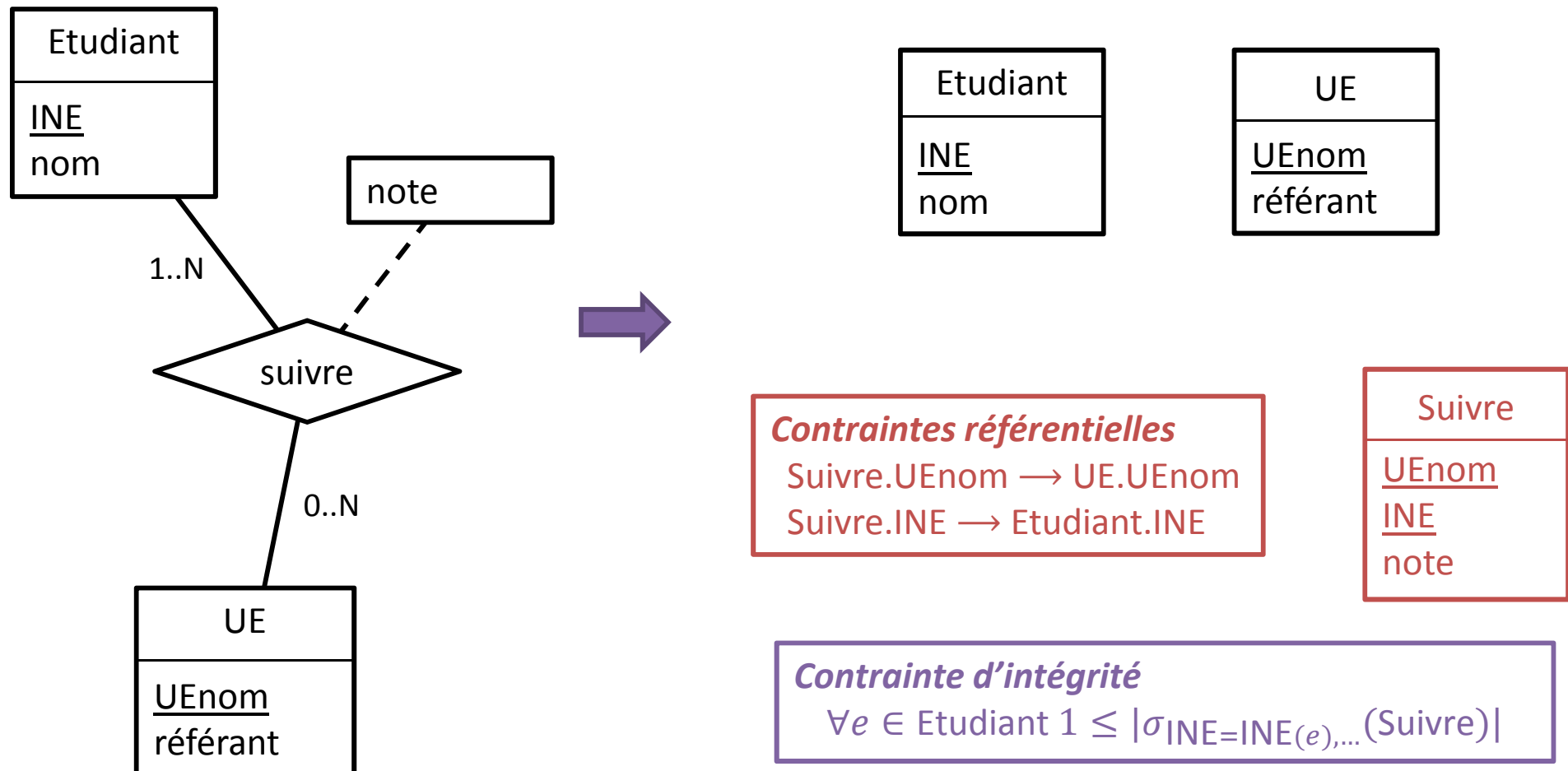
## ■ Technique générale





# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

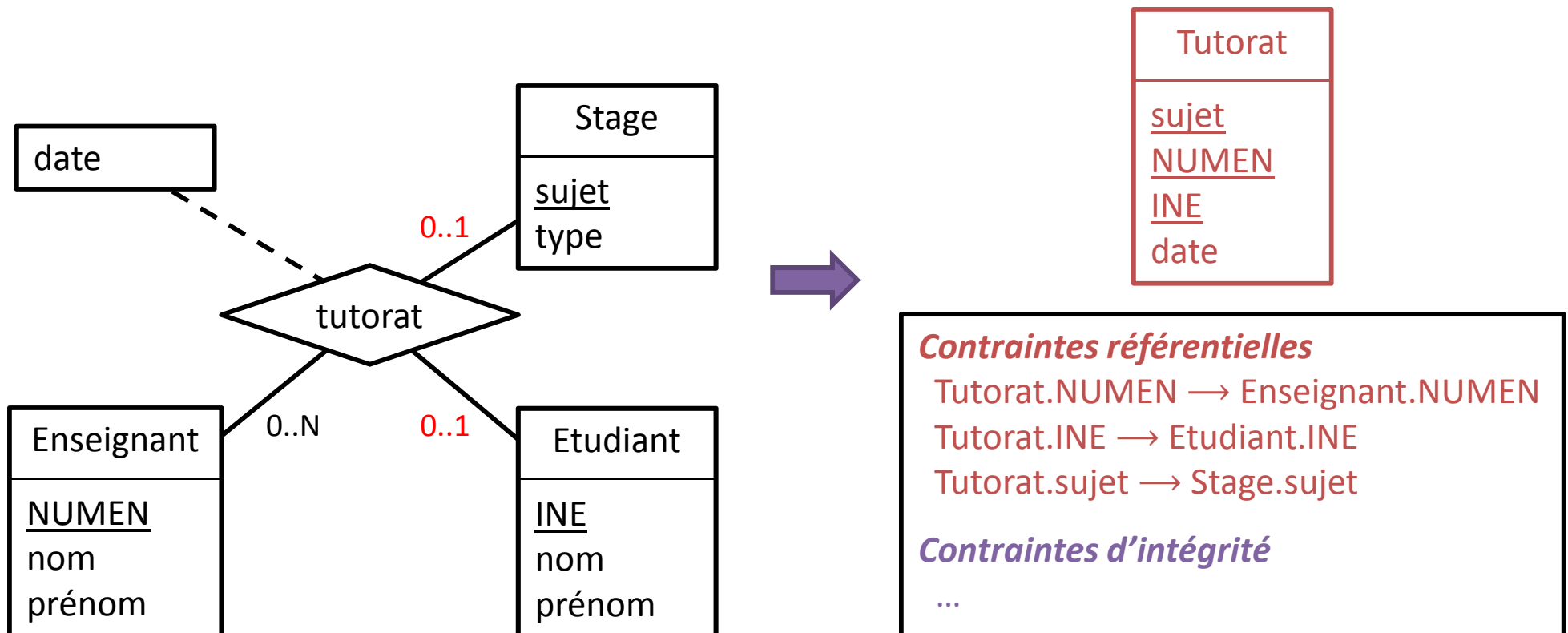
## ■ Technique générale



# Traduction EA $\Rightarrow$ 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

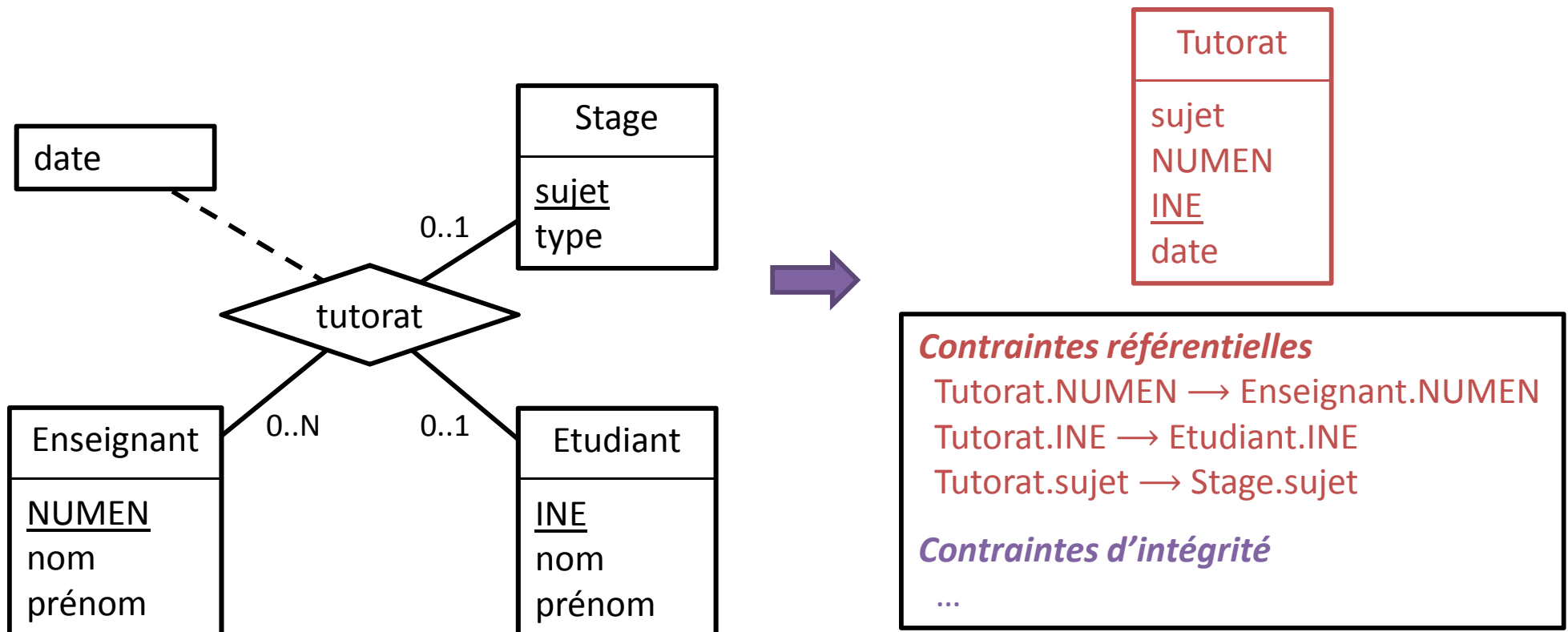


# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

### □ Génération de clés primaires non-minimales

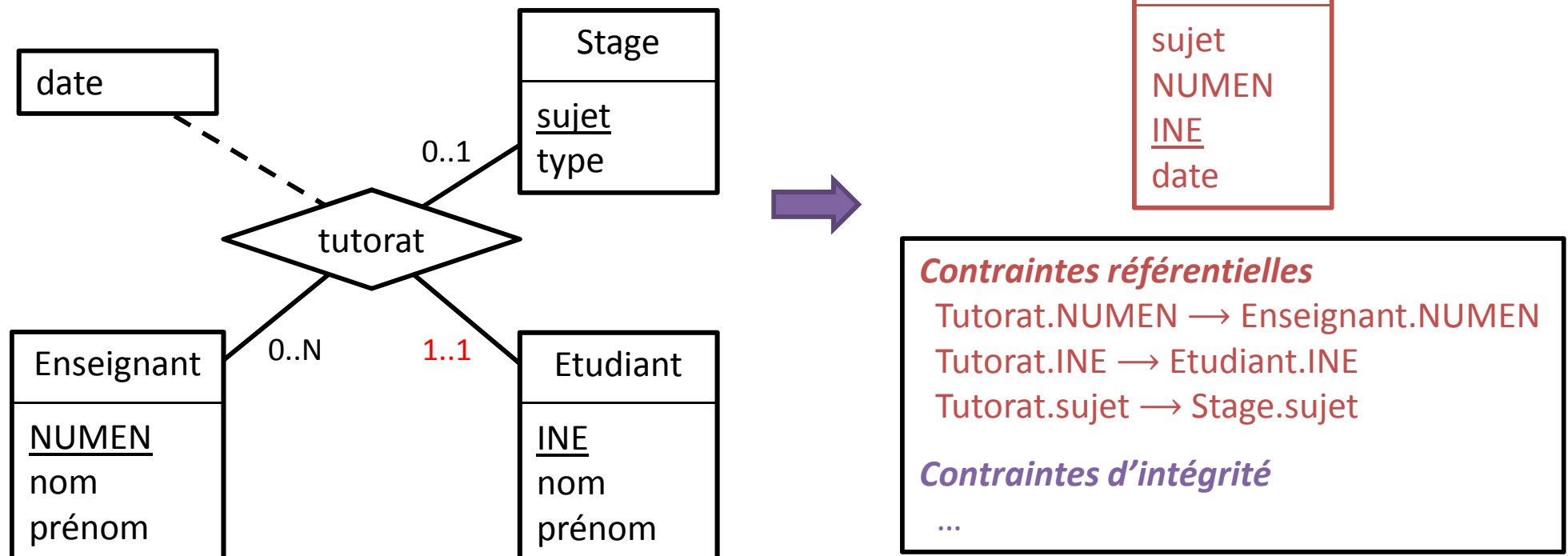
- Cardinalité maximale égale à 1
- Choisir la clé de l'une des entités de card. max. à 1 comme clé primaire
- Exemple



# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

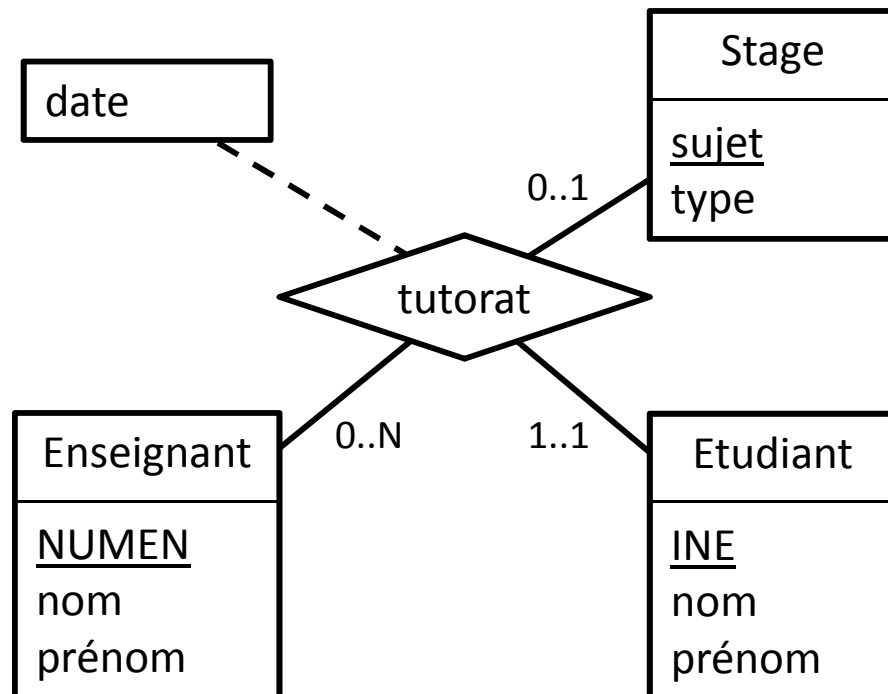
- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
  - Cas particulier des cardinalités [1..1]
  - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
  - Exemple : une seule entité



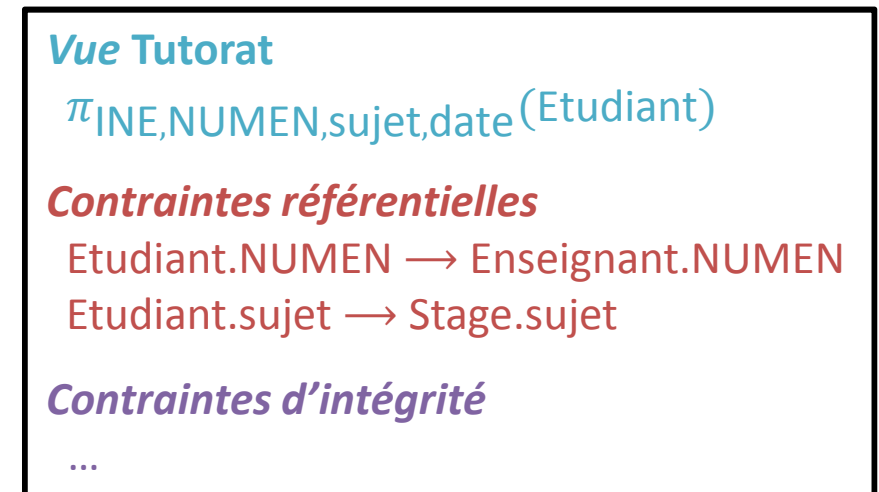
# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

## ■ 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



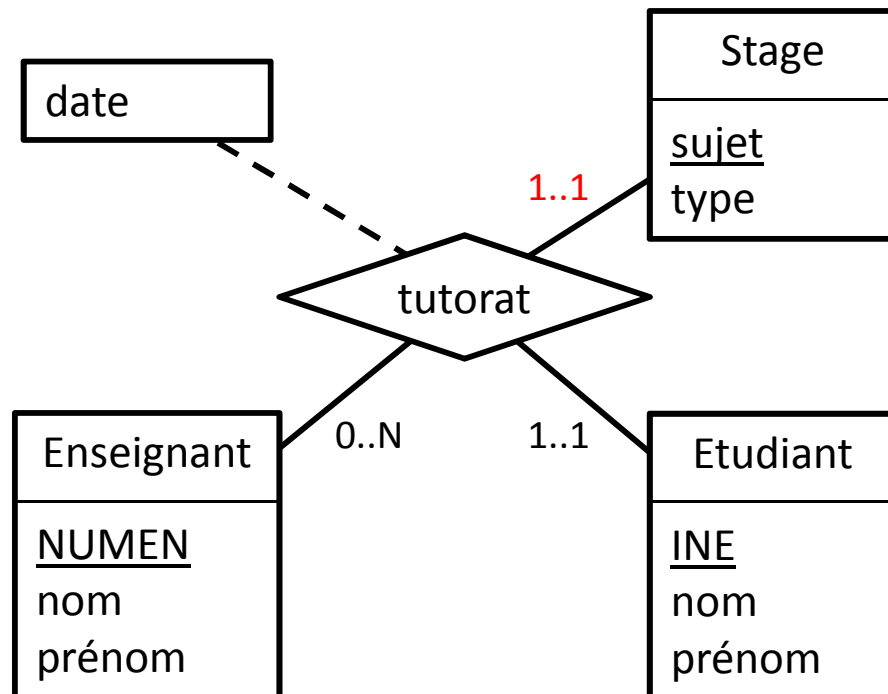
Etudiant
<u>INE</u>
nom
prénom
NUMEN
sujet
date



# Traduction EA $\Rightarrow$ 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
<u>INE</u>
nom
prénom
NUMEN
sujet
date



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

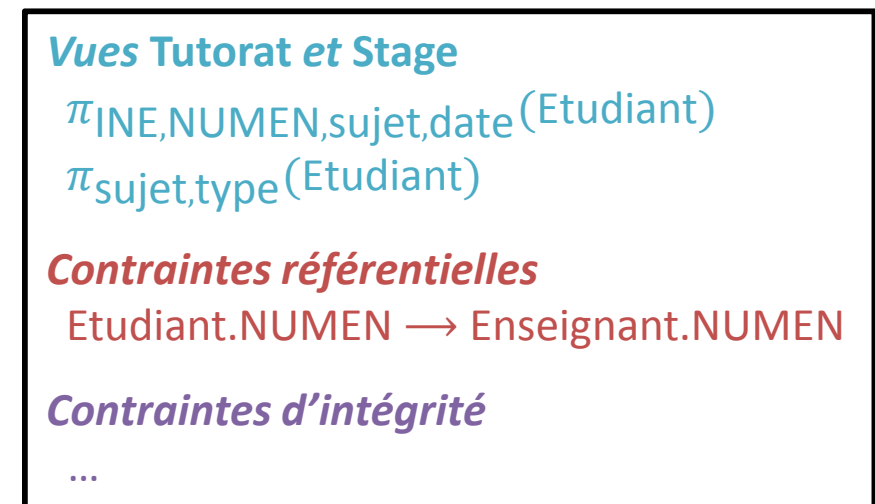
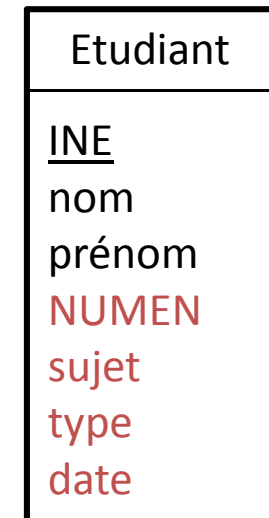
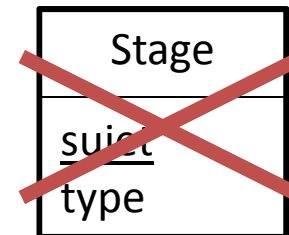
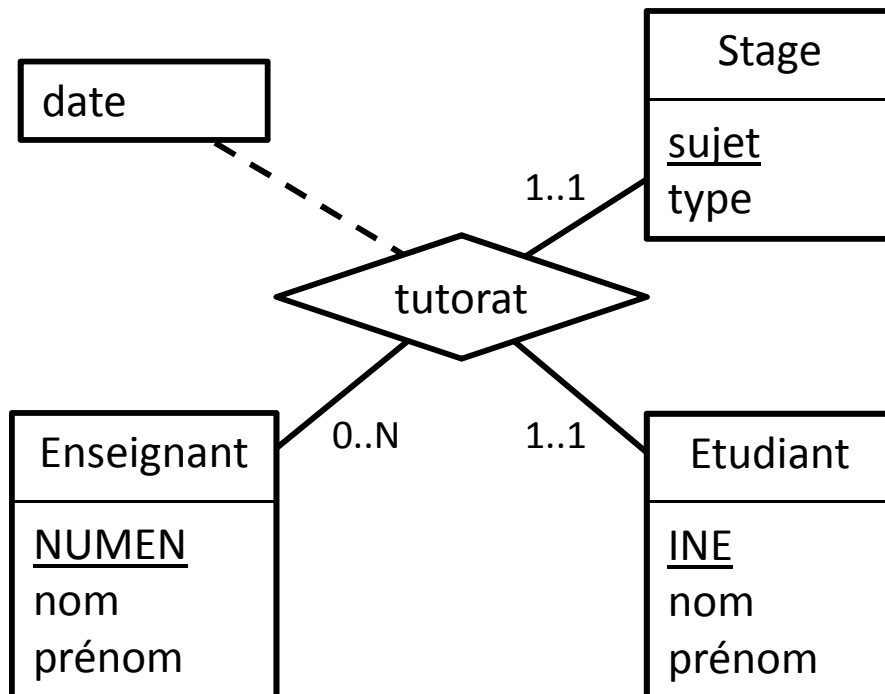
**Contraintes référentielles**  
Etudiant.NUMEN  $\rightarrow$  Enseignant.NUMEN  
Etudiant.sujet  $\rightarrow$  Stage.sujet

**Contraintes d'intégrité**  
...

# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Associations

## ■ Inconvénients de la technique générale

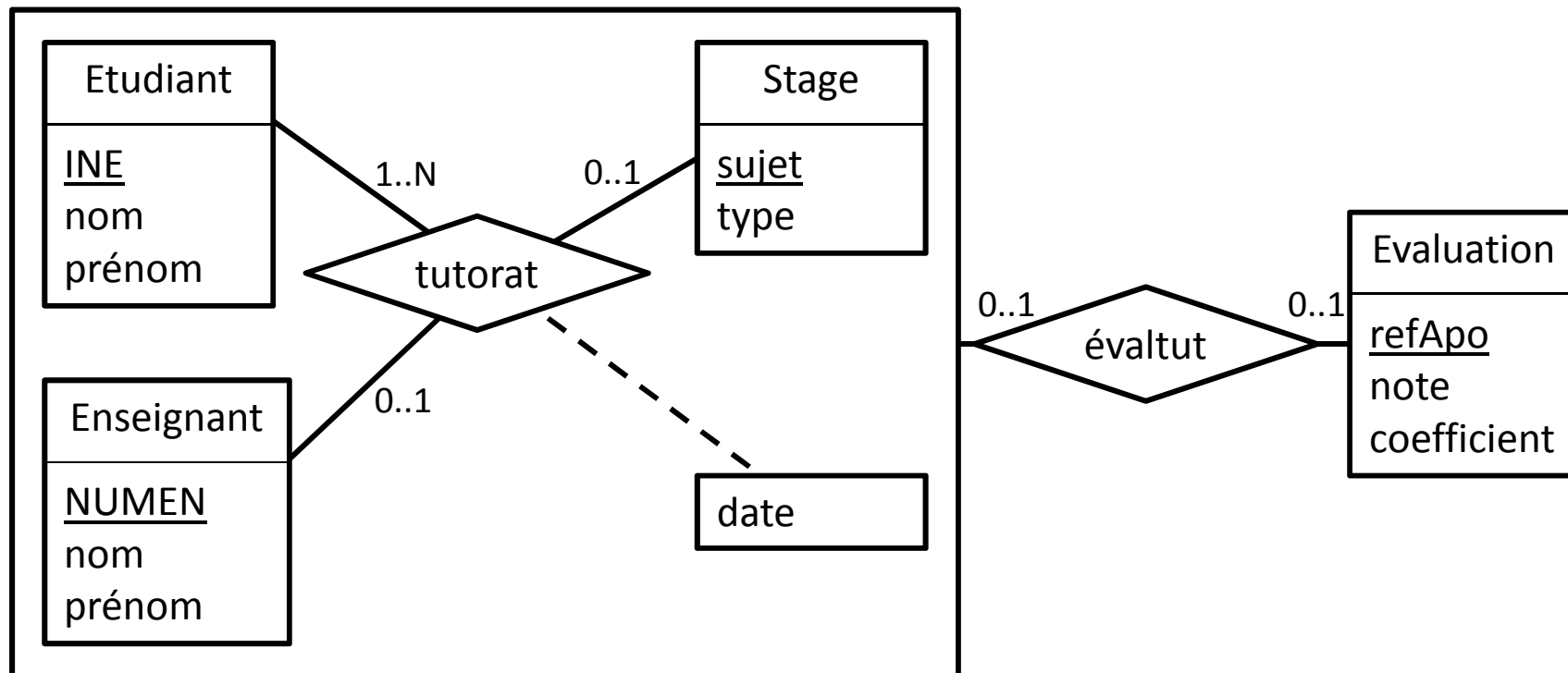
- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
  - Cas particulier des cardinalités [1..1]
  - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
  - Exemple : plusieurs entités



# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Agrégations

## ■ Traduction des agrégations

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

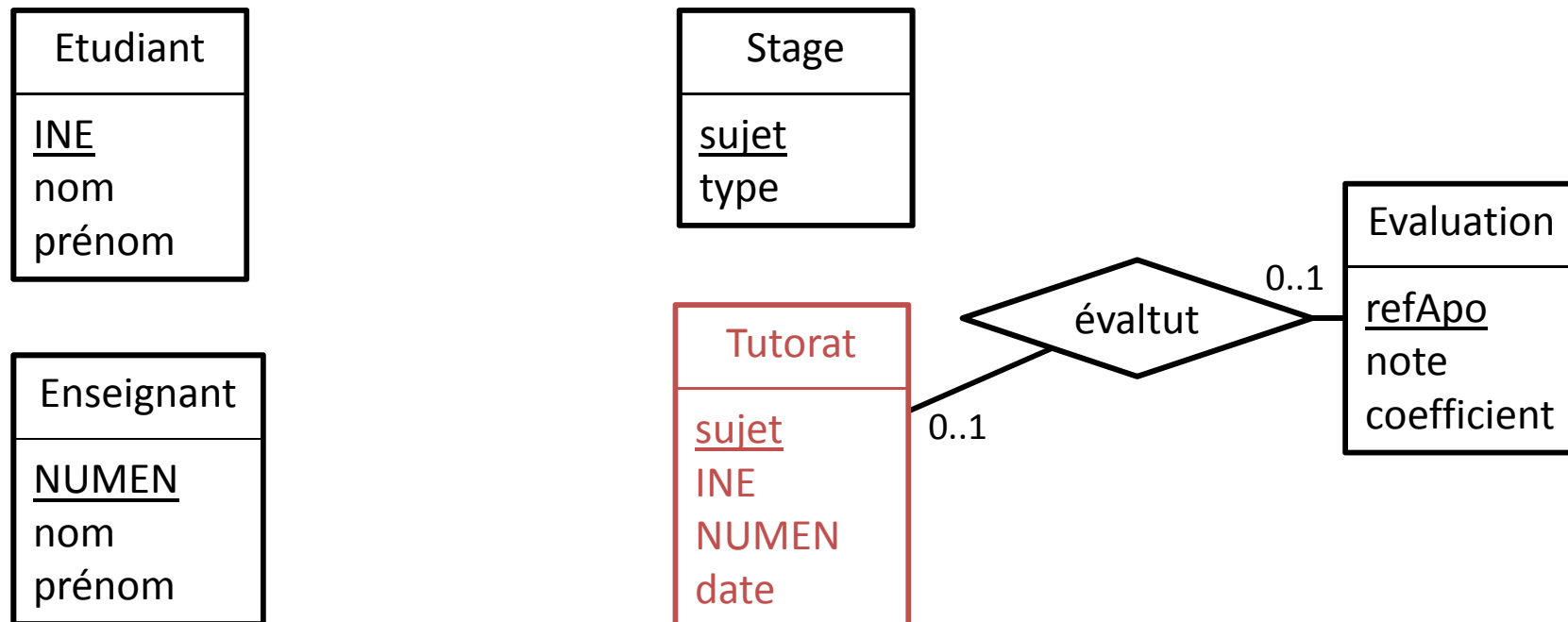




# Traduction EA $\Rightarrow$ SR – Agrégations

## ■ Traduction des agrégations

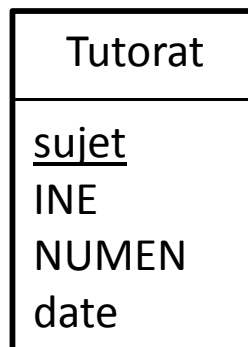
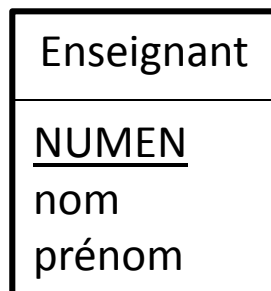
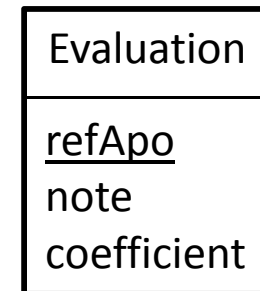
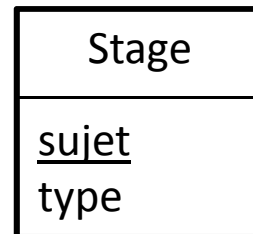
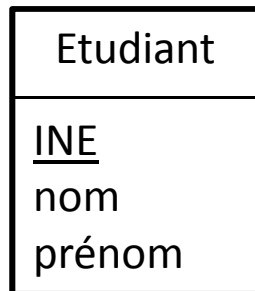
- Ordre supérieur des associations
  - Associations entre associations
- Transformation trivial
  - Association agrégée traduite en entité (cf. slides précédents)
  - Association d'ordre supérieur ramenée à une association de première ordre



# Traduction EA $\Rightarrow$ 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 $\Rightarrow$ SR – Entités faibles

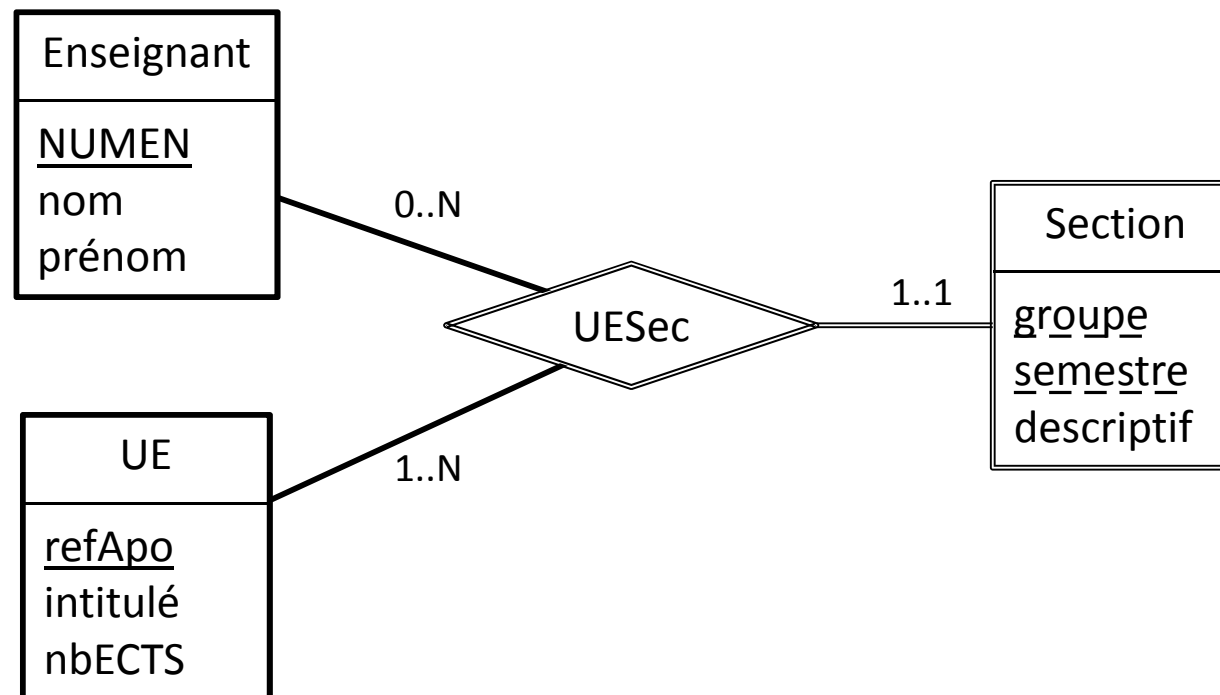
## ■ Traduction des ensembles d'entités faibles

- 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 $\Rightarrow$ SR – Entités faibles

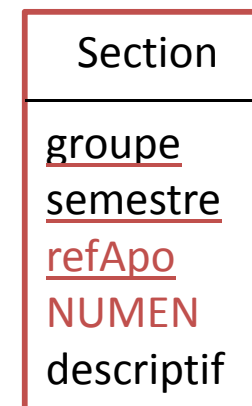
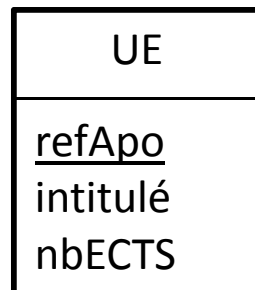
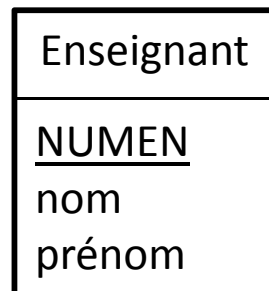
## ■ Traduction des ensembles d'entités faibles

- 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 $\Rightarrow$ SR – Entités faibles

## ■ Traduction des ensembles d'entités faibles

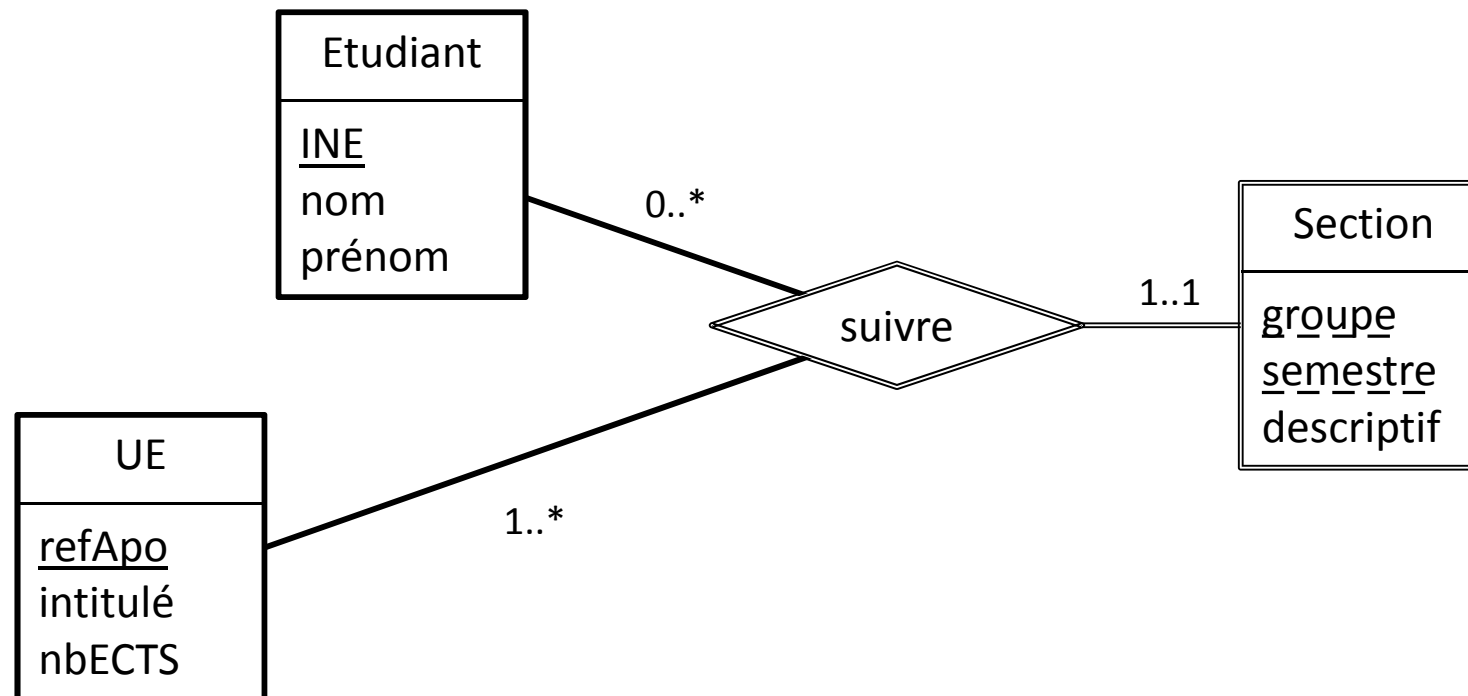
### □ Ensemble d'entités sans clé primaire

Le discriminant définit une sous-partie d'une clé primaire

### □ Transformation en ensemble d'entités fort

■ Fusion avec l'association identifiante

■ Utilisation des clés primaires des entités identifiantes





-- FIN --