



Conception de base de données

Traduction modèle E/A \Rightarrow schéma relationnel

L3 Informatique

Antoine Spicher

`antoine.spicher@u-pec.fr`

Plan



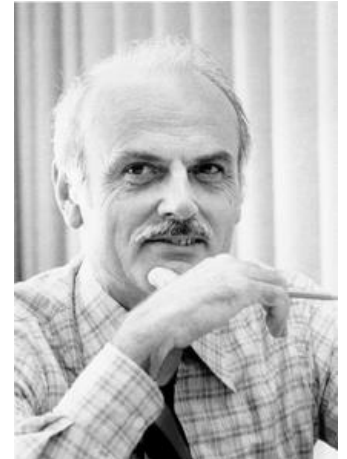
- Rappels du modèle relationnel
- Entité/Association \Rightarrow schéma relationnel

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-vidé 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-vidé* 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)

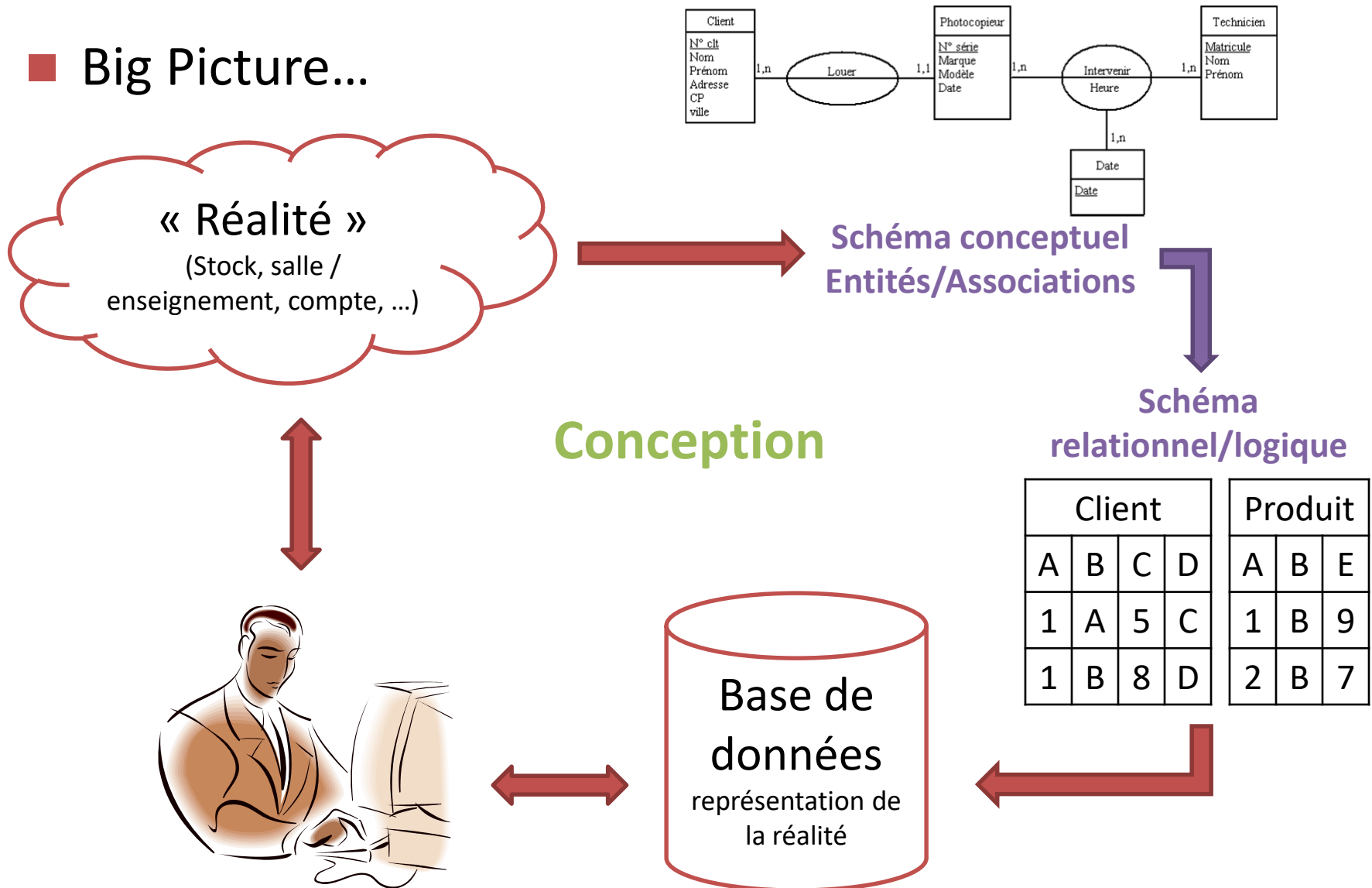
Plan



- Rappels du modèle relationnel
- Traduction modèle EA \Rightarrow modèle relationnel

Traduction EA \Rightarrow SR

■ Big Picture...



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

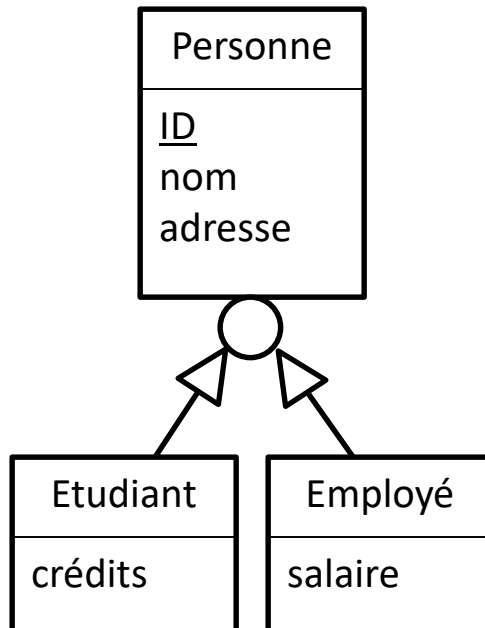
■ Trois solutions possibles

□ Conserver uniquement la super-entité

■ Exemple

{étu, emp, étuemp, autre} \exists

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

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

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

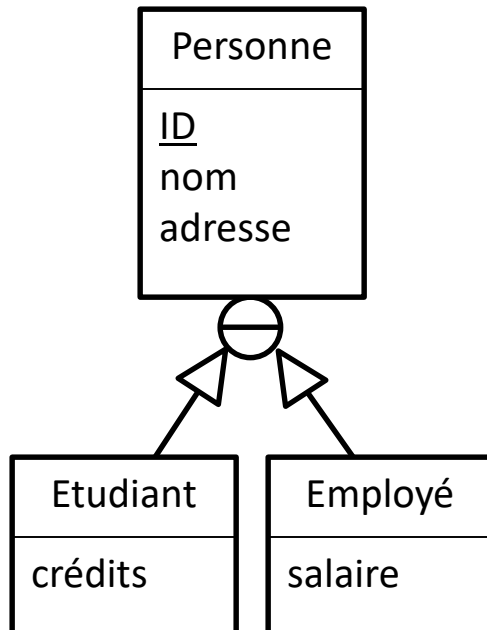
■ Trois solutions possibles

□ Conserver uniquement la super-entité

■ Exemple

{étu, emp, étuemp} \exists

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

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

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

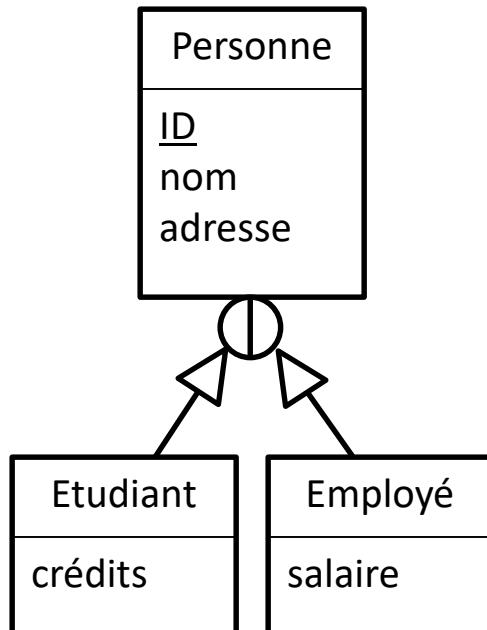
■ Trois solutions possibles

□ Conserver uniquement la super-entité

■ Exemple

{étu, emp, autre} \exists

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



Contraintes d'intégrité (type héritage)

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

Vues Etudiant et Employé

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

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

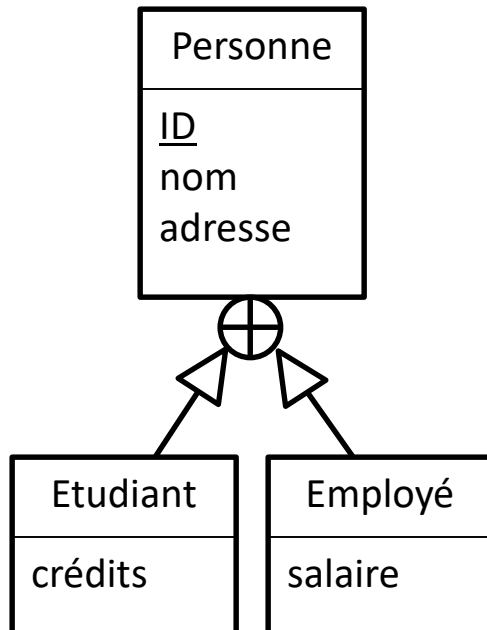
■ Trois solutions possibles

- 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

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

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

■ Trois solutions possibles

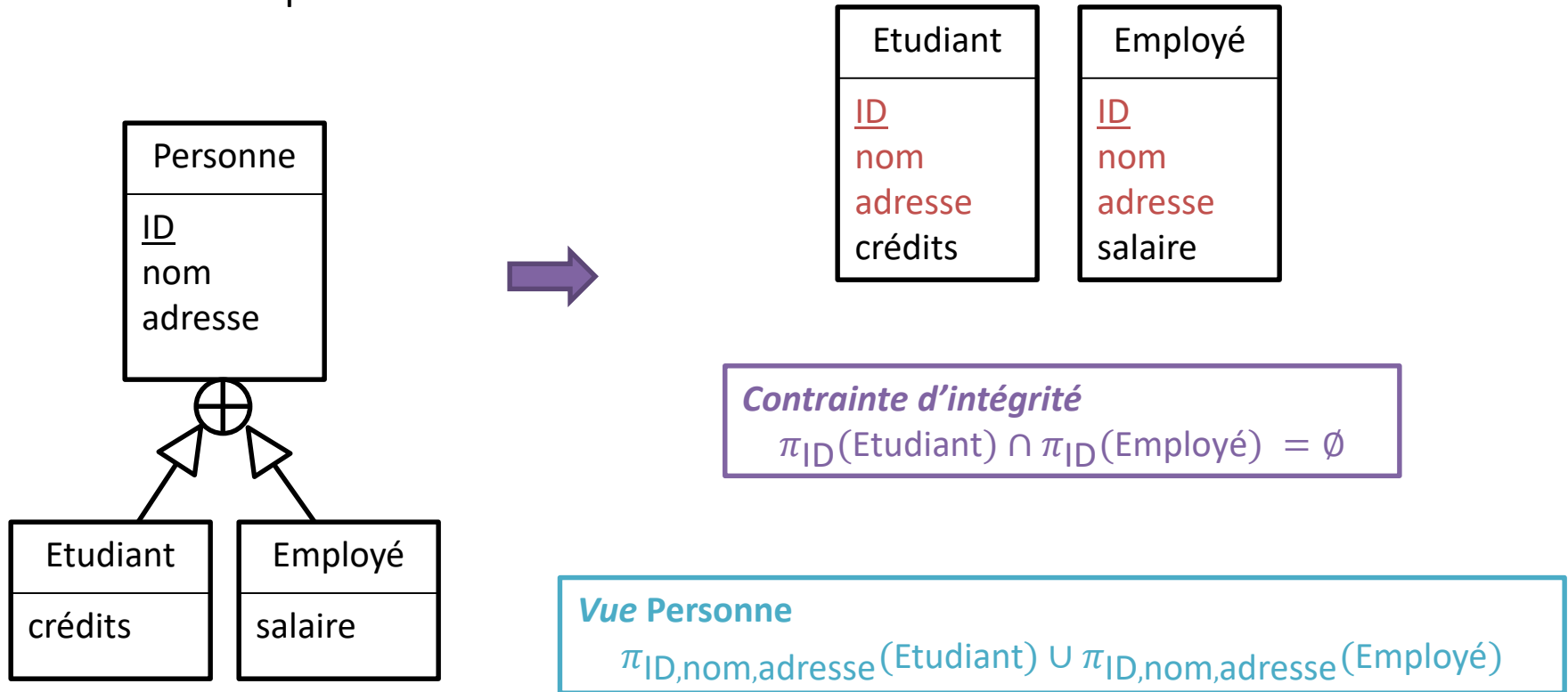
- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
 - Utilisable lorsque la super-entité n'est pas utilisée
 - Généralisation/spécialisation *totale et disjointe*
 - Pas d'association propre
 - Utilisation d'une vue pour la super-entité
 - Chaque spécialisation implante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

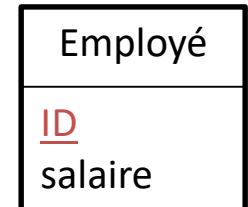
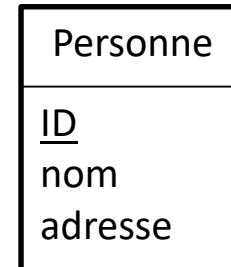
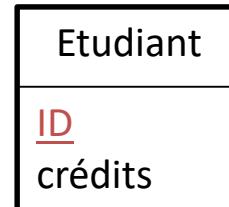
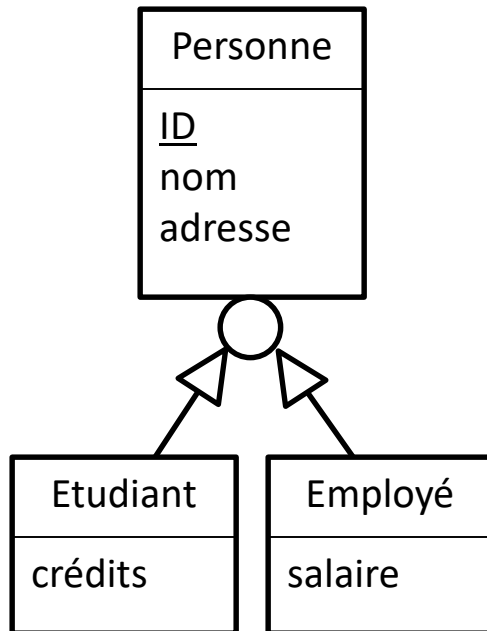
- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
 - Choix 1 : le schéma est factorisé (seule la clé est partagée)
 - Clés étrangères pour les spécialisations
 - Inconvénient
 - Information sur une spécialisation = jointure

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

■ Trois solutions possibles

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

■ Choix 1 : factorisation



Contraintes référentielles

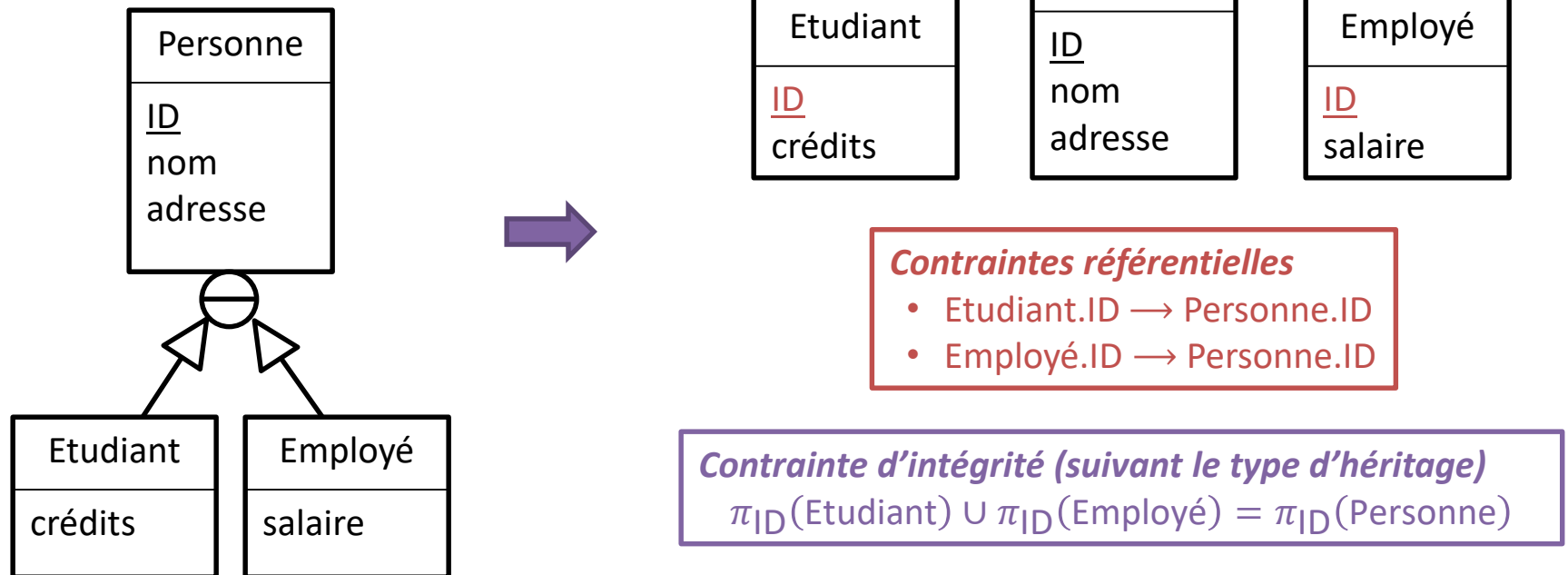
- Etudiant.ID \rightarrow Personne.ID
- Employé.ID \rightarrow Personne.ID

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

■ Trois solutions possibles

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

■ Choix 1 : factorisation

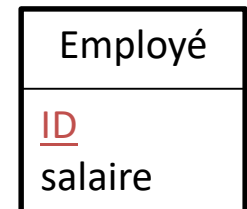
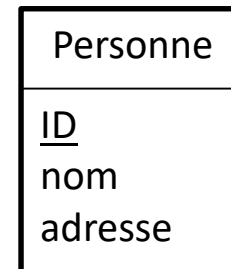
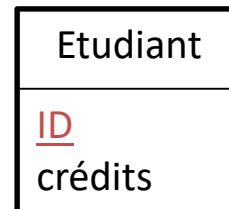
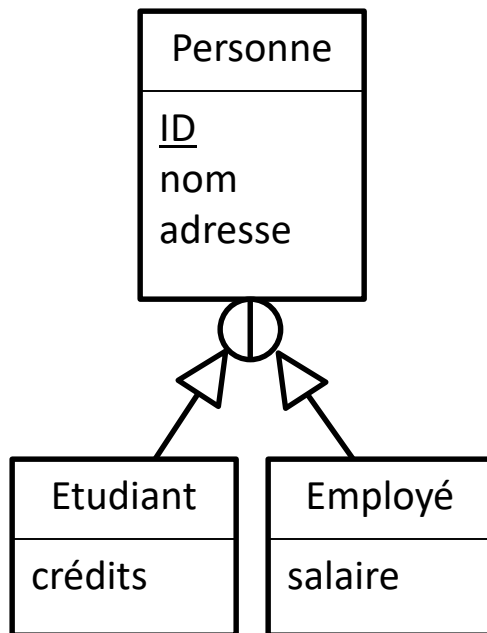


Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage

■ Trois solutions possibles

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

■ Choix 1 : factorisation



Contraintes référentielles

- Etudiant.ID \rightarrow Personne.ID
- Employé.ID \rightarrow Personne.ID

Contrainte d'intégrité (suivant le type d'héritage)

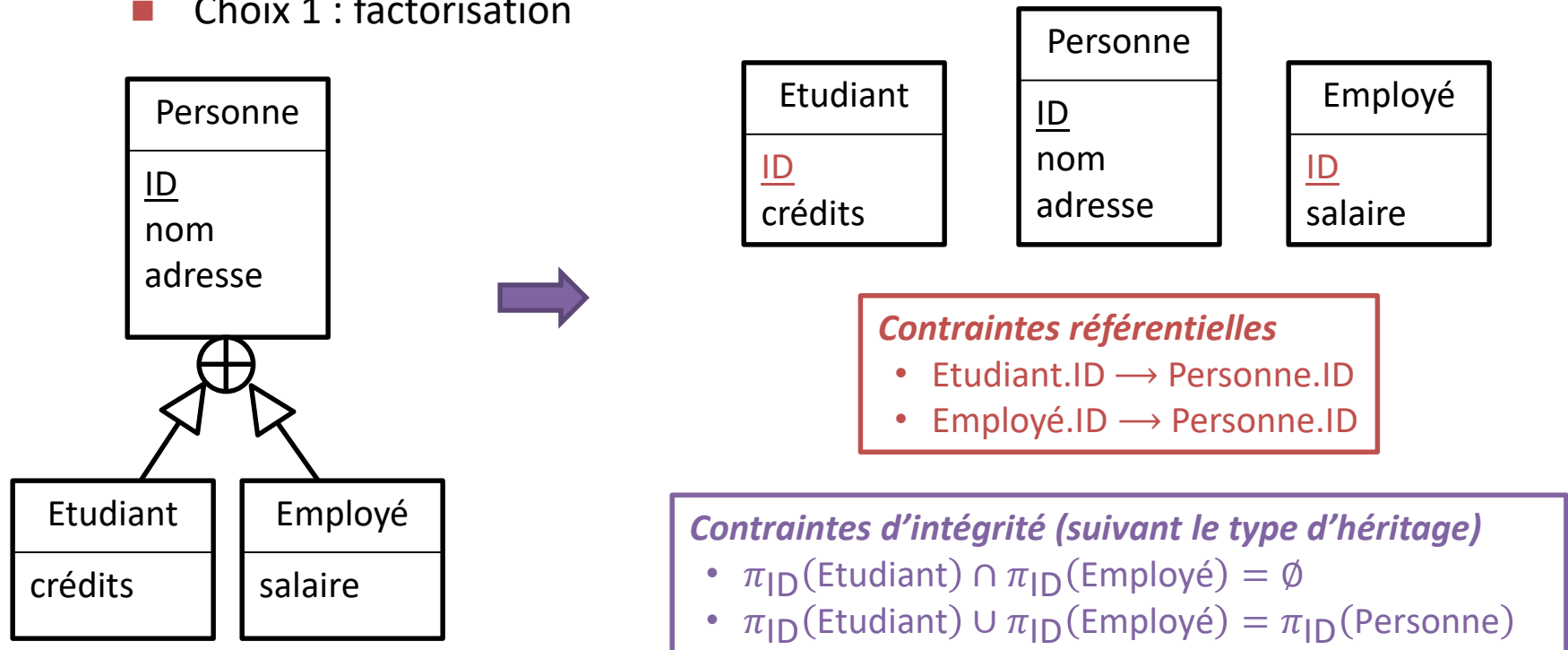
$$\pi_{ID}(\text{Etudiant}) \cap \pi_{ID}(\text{Employé}) = \emptyset$$

Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage


■ Trois solutions possibles

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

■ Choix 1 : factorisation



Traduction EA \Rightarrow SR – Héritage



■ Trois solutions possibles

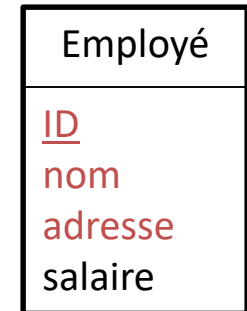
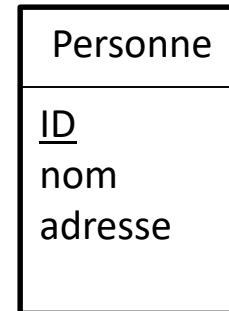
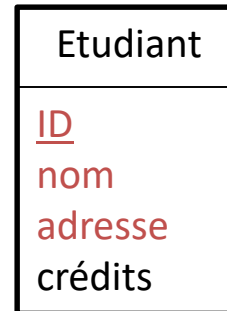
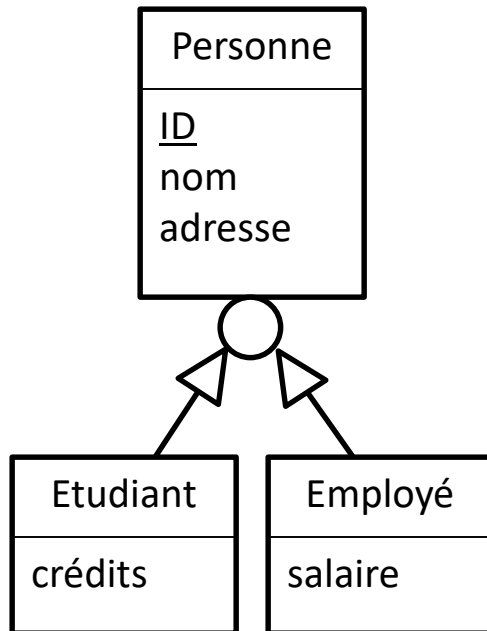
- Conserver uniquement la super-entité
- Conserver uniquement les spécialisations
- Conserver toutes les entités
 - Choix 2 : le schéma est dupliqué
 - Ajout de contraintes d'intégrité sur les clés
 - Inconvénient

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

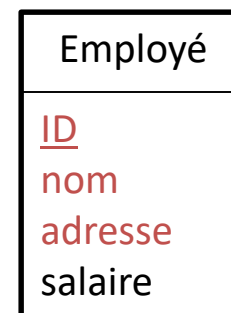
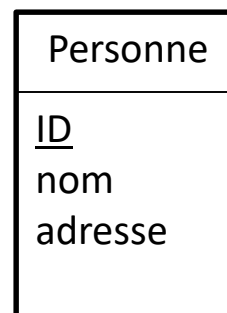
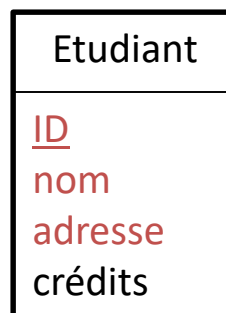
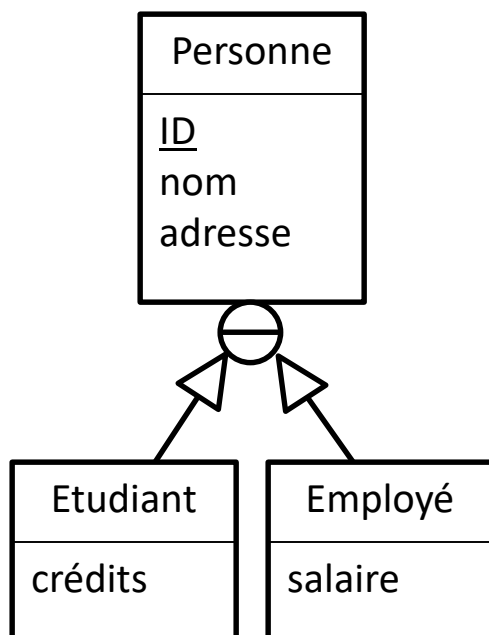
Contraintes d'intégrité

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

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

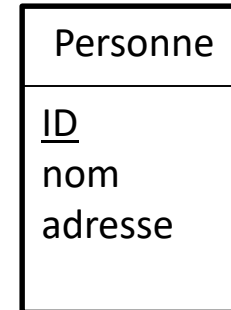
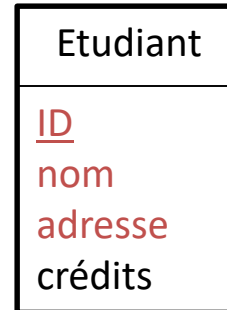
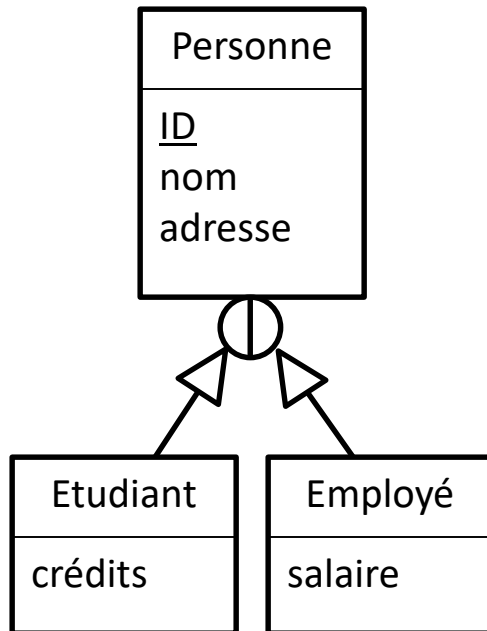
Contraintes d'intégrité

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

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

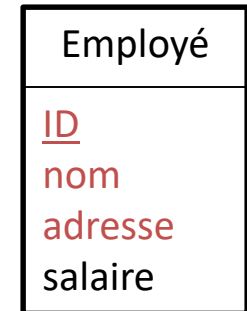
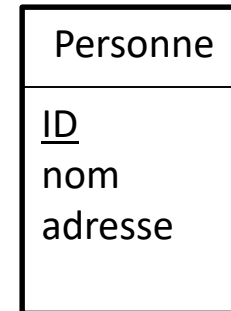
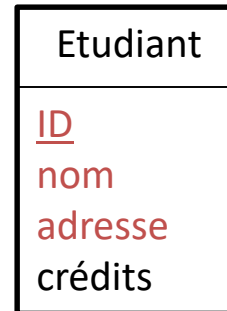
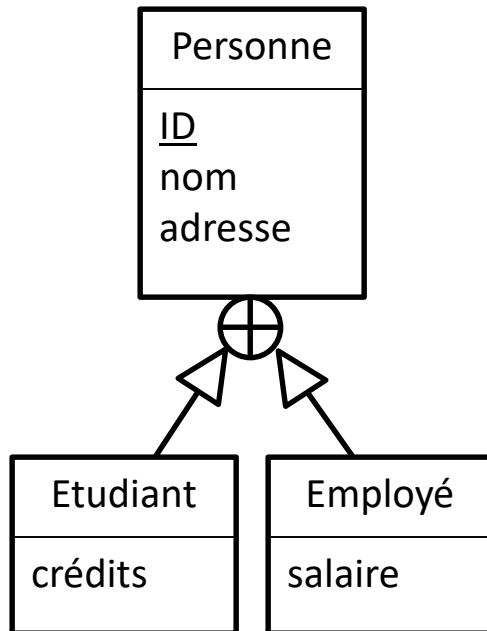
Contraintes d'intégrité

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

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

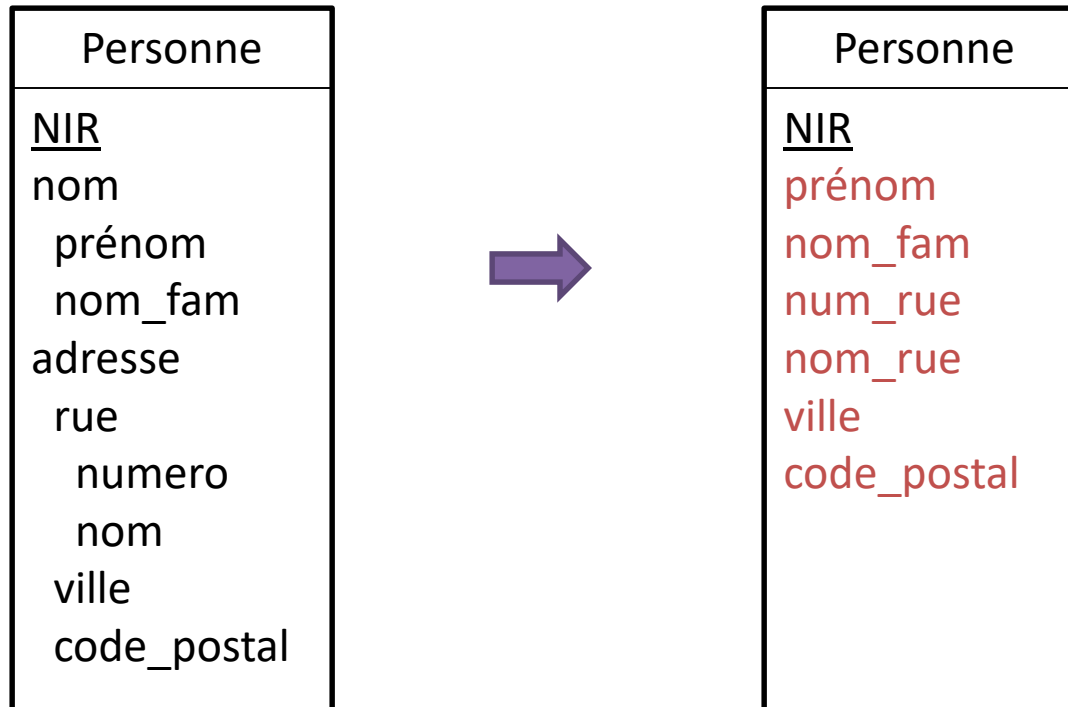
- $\pi_{ID,nom,adresse}(Etudiant) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID,nom,adresse}(Employé) \subseteq (Personne)$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cap \pi_{ID}(Employé) = \emptyset$
- $\pi_{ID}(Etudiant) \cup \pi_{ID}(Employé) = \pi_{ID}(Personne)$

Traduction EA \Rightarrow SR – Attributs composites

■ Mise à plat des attributs composites

■ Exemple

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



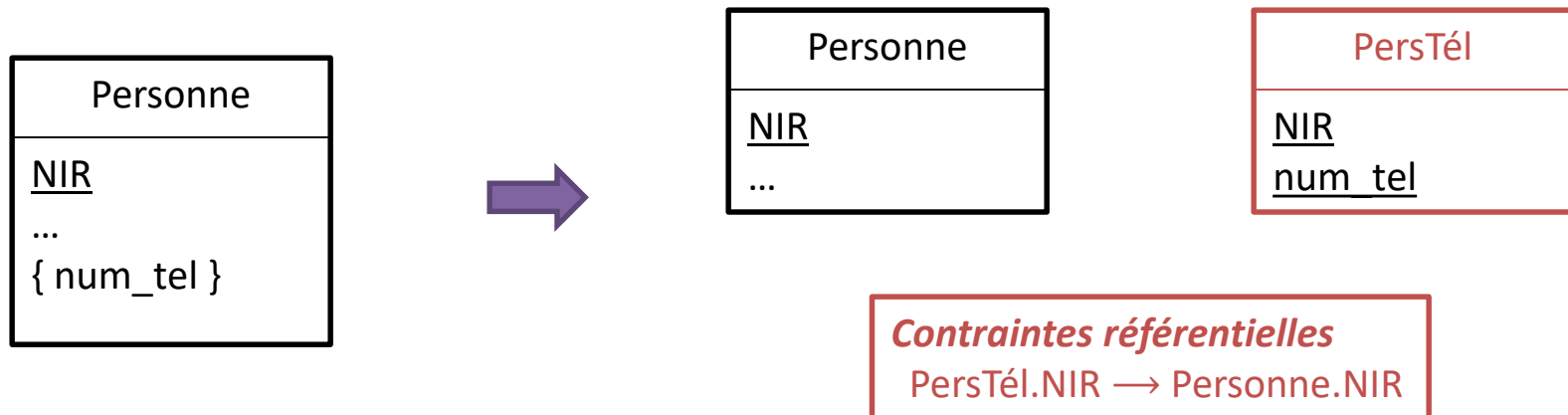
Traduction EA \Rightarrow SR – Attributs multivalués

■ 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



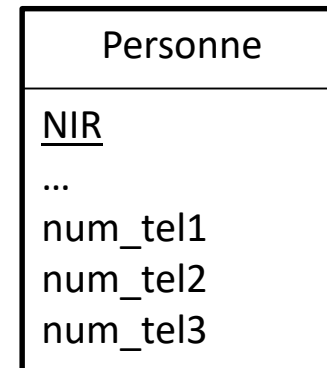
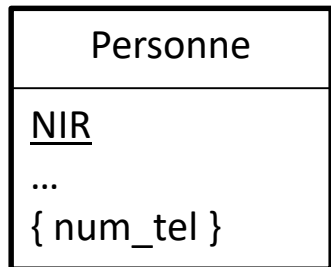
Traduction EA \Rightarrow SR – Attributs multivalués

■ 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

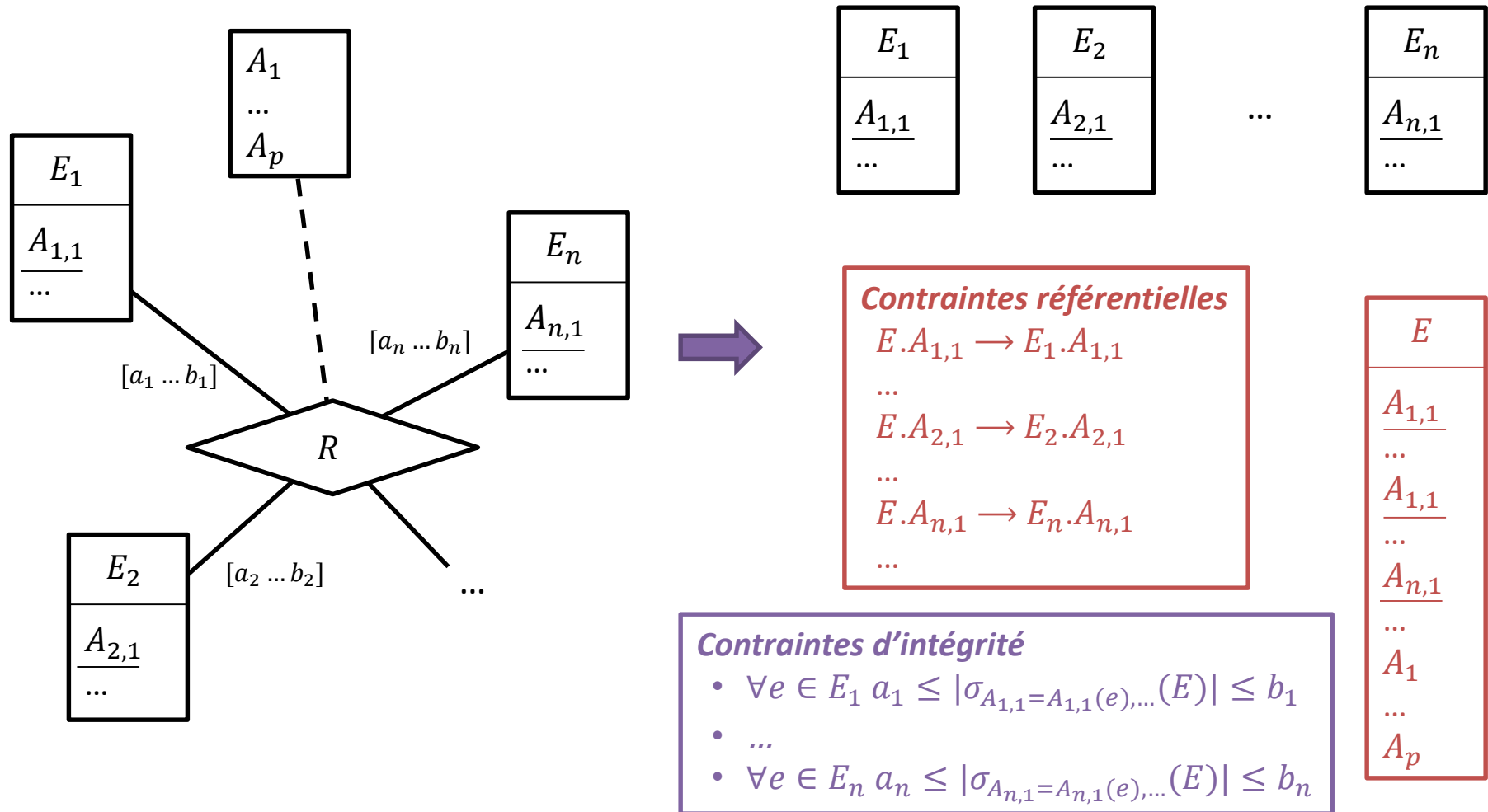
- Clé primaire : union des clés des entités
- Contraintes référentielles entre l'association et les entités
- Contraintes d'intégrité pour rendre compte des cardinalités

□ 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 $\forall e \in E_i \ a \leq |\sigma_{A_{i,1}=A_{i,1}(e), \dots}(E)| \leq b$

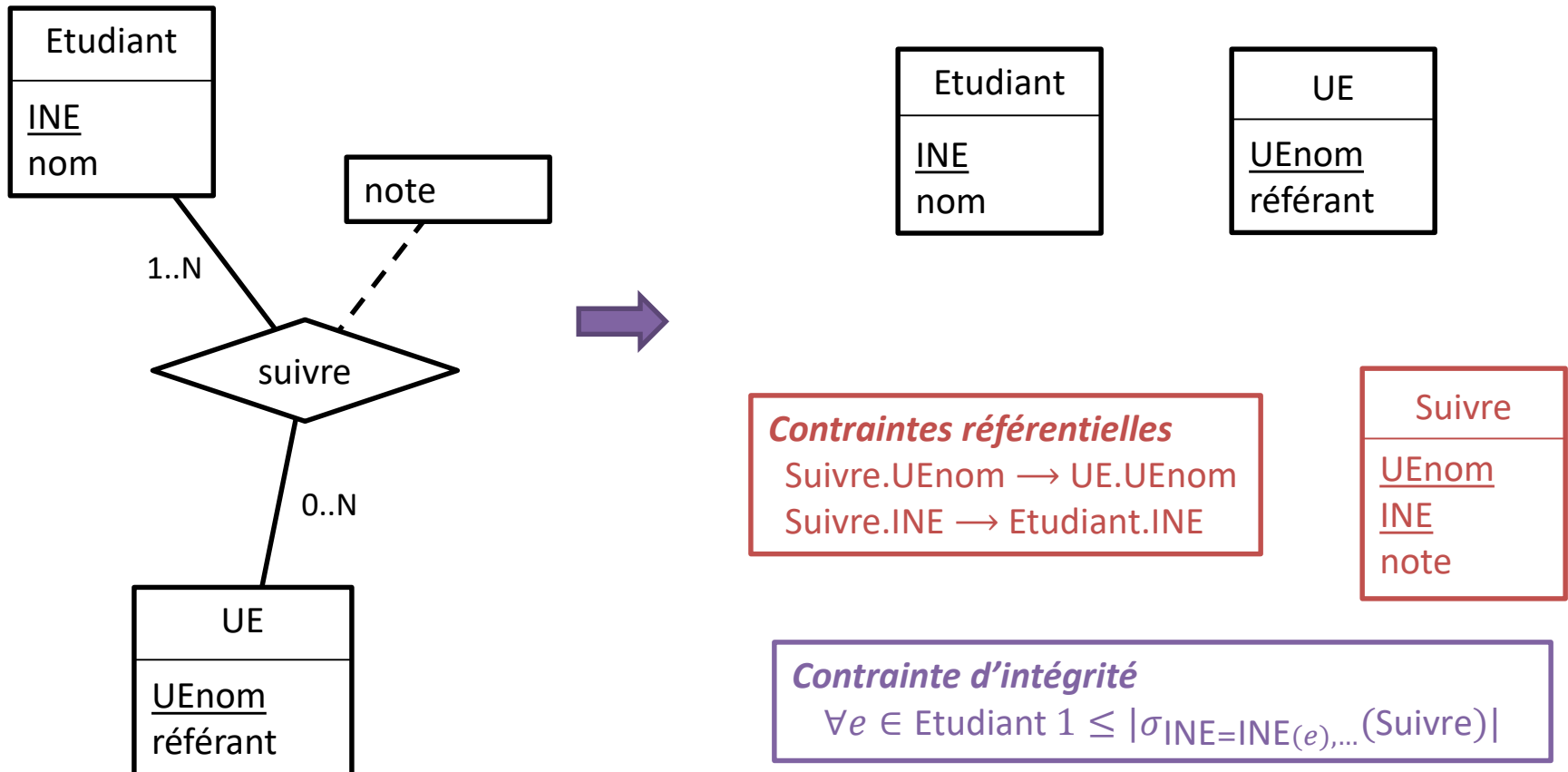
Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

■ Technique générale



Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

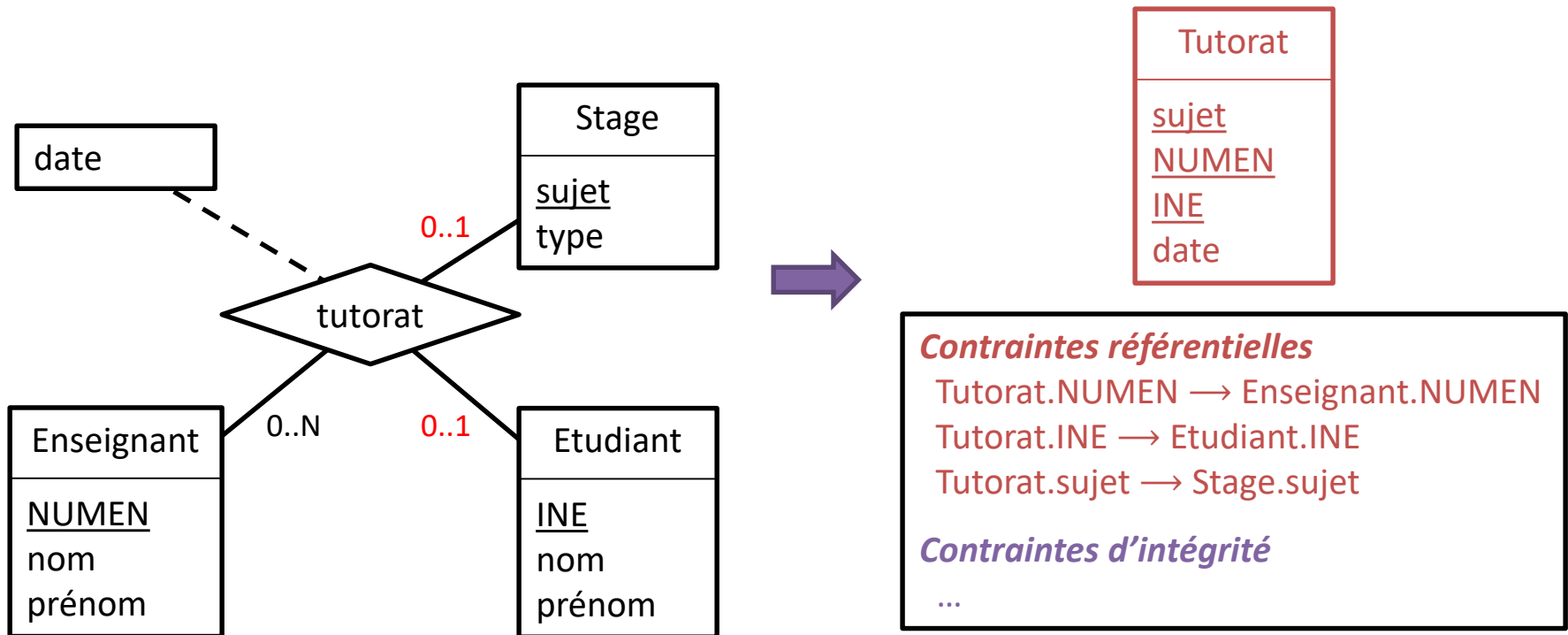
■ Technique générale



Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

■ Inconvénients de la technique générale

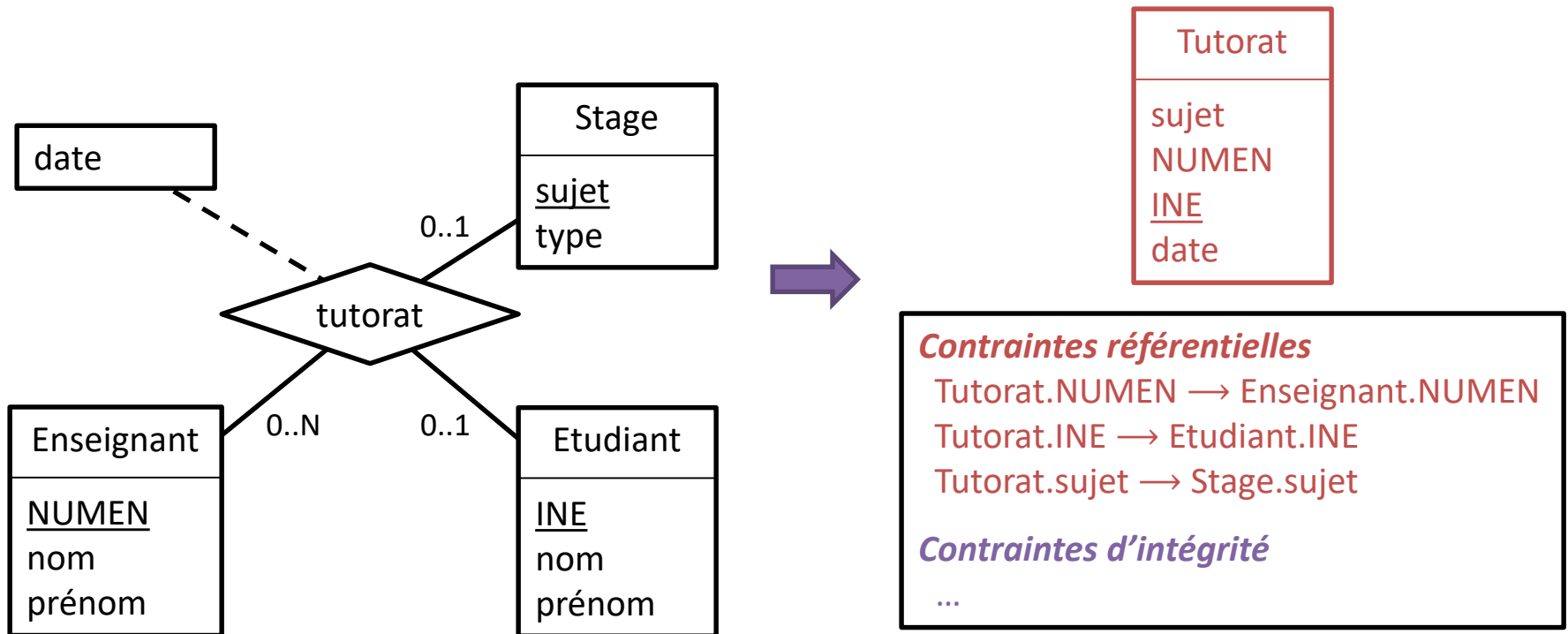
- Génération de clés primaires non-minimales
 - Cardinalité maximale égale à 1
 - Choisir la clé de l'une des entités de card. max. à 1 comme clé primaire
 - Exemple



Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

■ Inconvénients de la technique générale

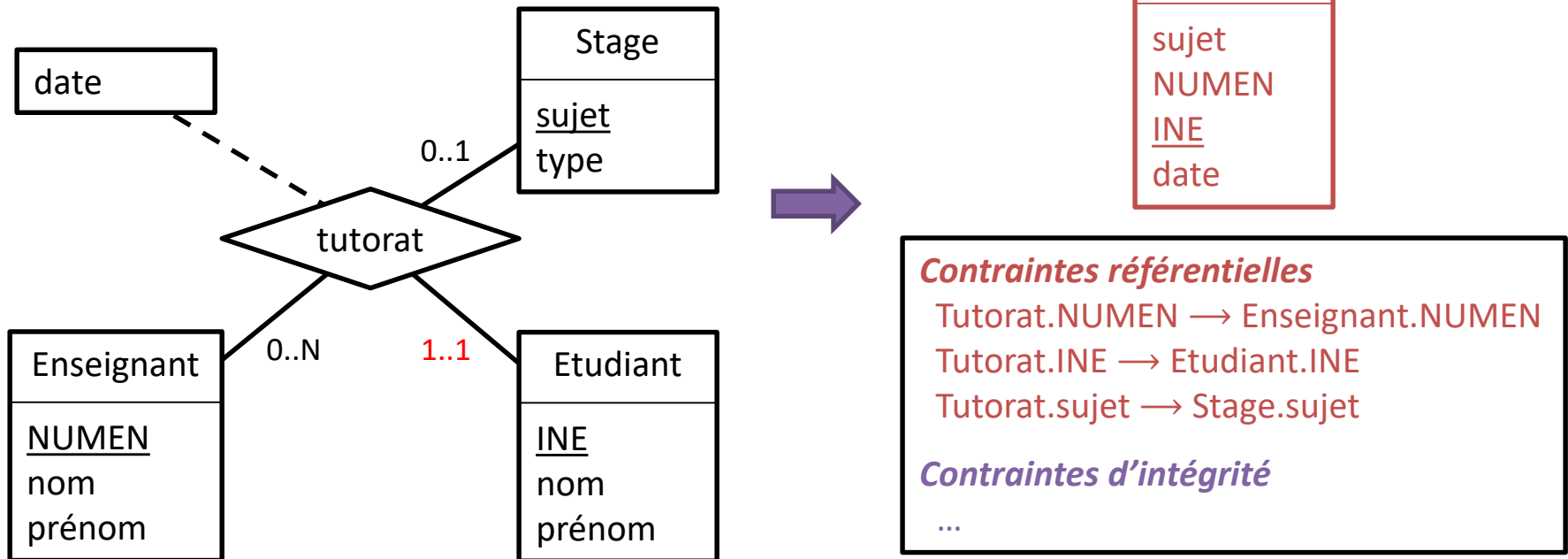
- Génération de clés primaires non-minimales
 - Cardinalité maximale égale à 1
 - Choisir la clé de l'une des entités de card. max. à 1 comme clé primaire
 - Exemple



Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

■ Inconvénients de la technique générale

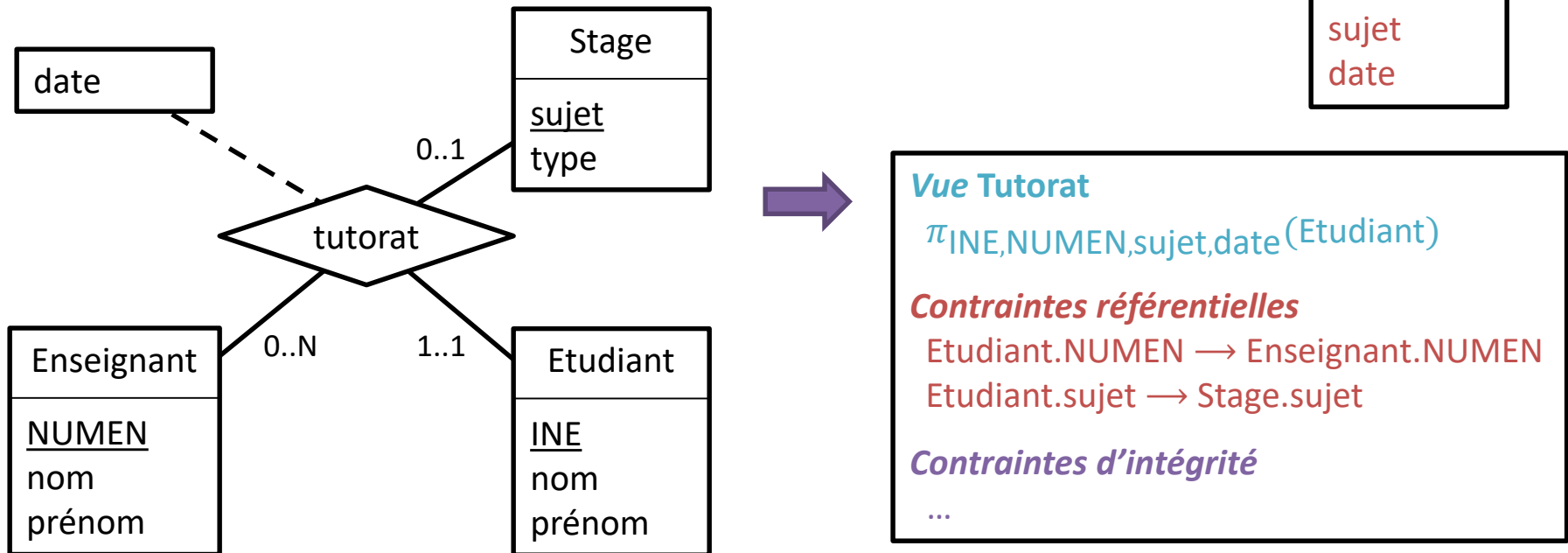
- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
 - Cas particulier des cardinalités [1..1]
 - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
 - Exemple : une seule entité



Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

■ Inconvénients de la technique générale

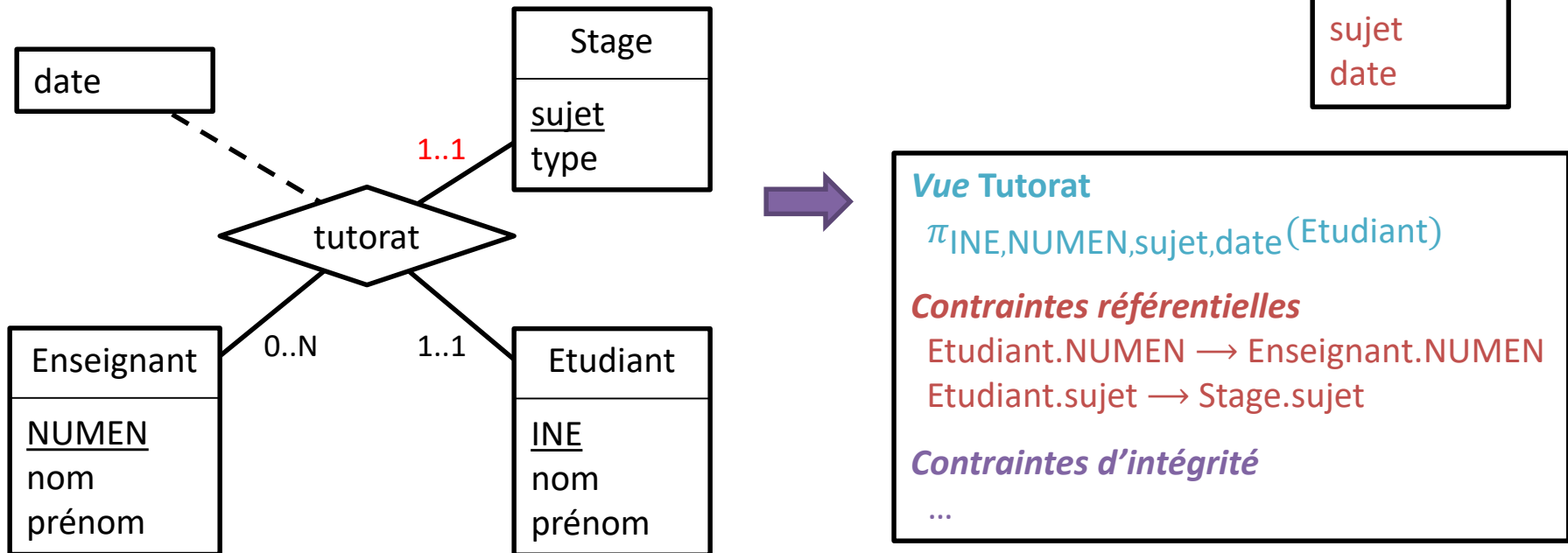
- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
 - Cas particulier des cardinalités [1..1]
 - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
 - Exemple : une seule entité



Traduction EA \Rightarrow SR – Associations

■ Inconvénients de la technique générale

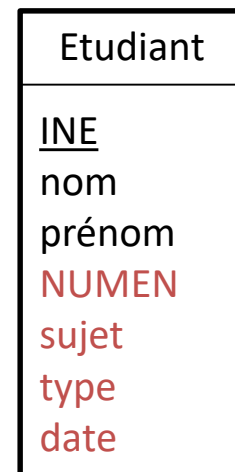
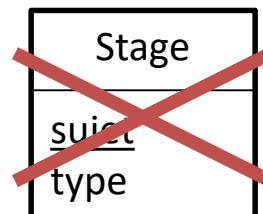
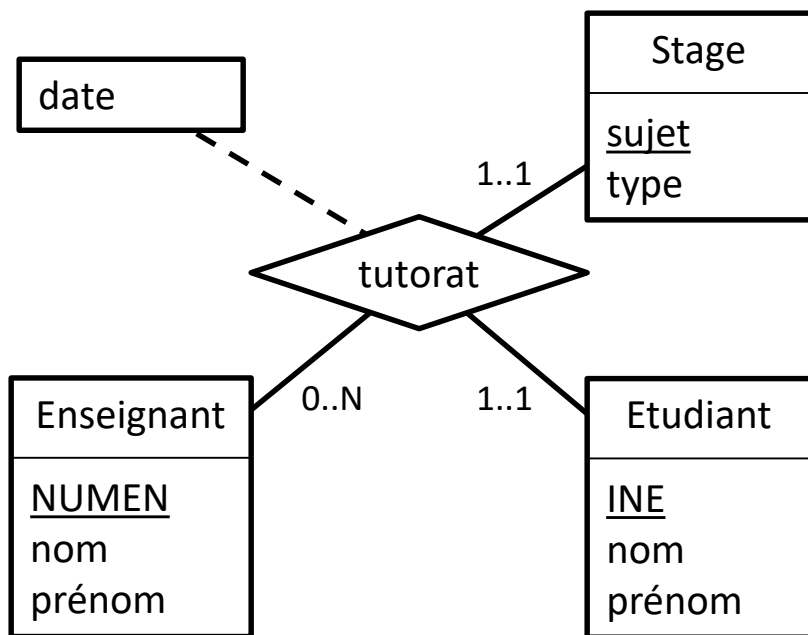
- Génération de clés primaires non-minimales
- Création de redondances
 - Cas particulier des cardinalités [1..1]
 - Fusionner l'association avec l'entité de cardinalité [1..1]
 - Exemple : plusieurs entités



Traduction EA \Rightarrow SR – 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



Vues Tutorat et Stage

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

$\pi_{sujet,type}(Etudiant)$

Contraintes référentielles

$Etudiant.NUMEN \rightarrow Enseignant.NUMEN$

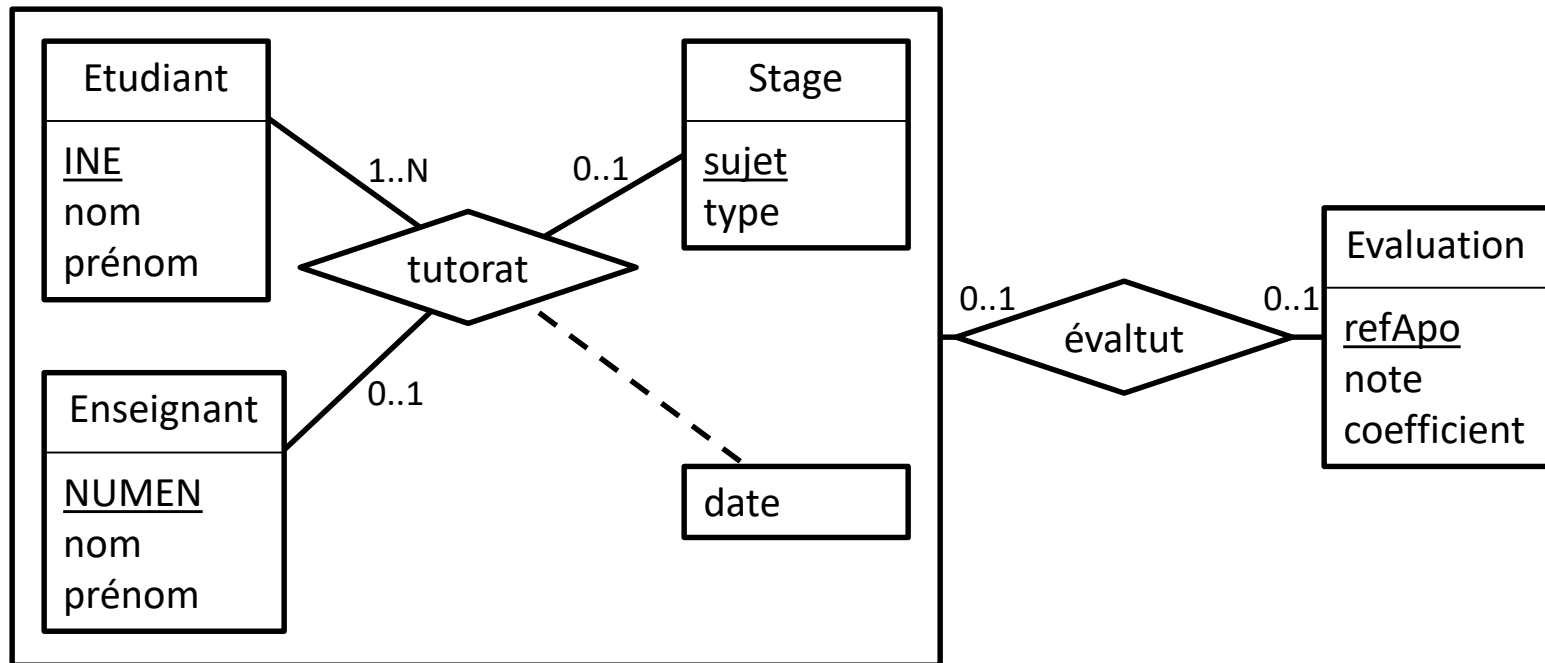
Contraintes d'intégrité

...

Traduction EA \Rightarrow SR – Agrégations

■ Traduction des agrégations

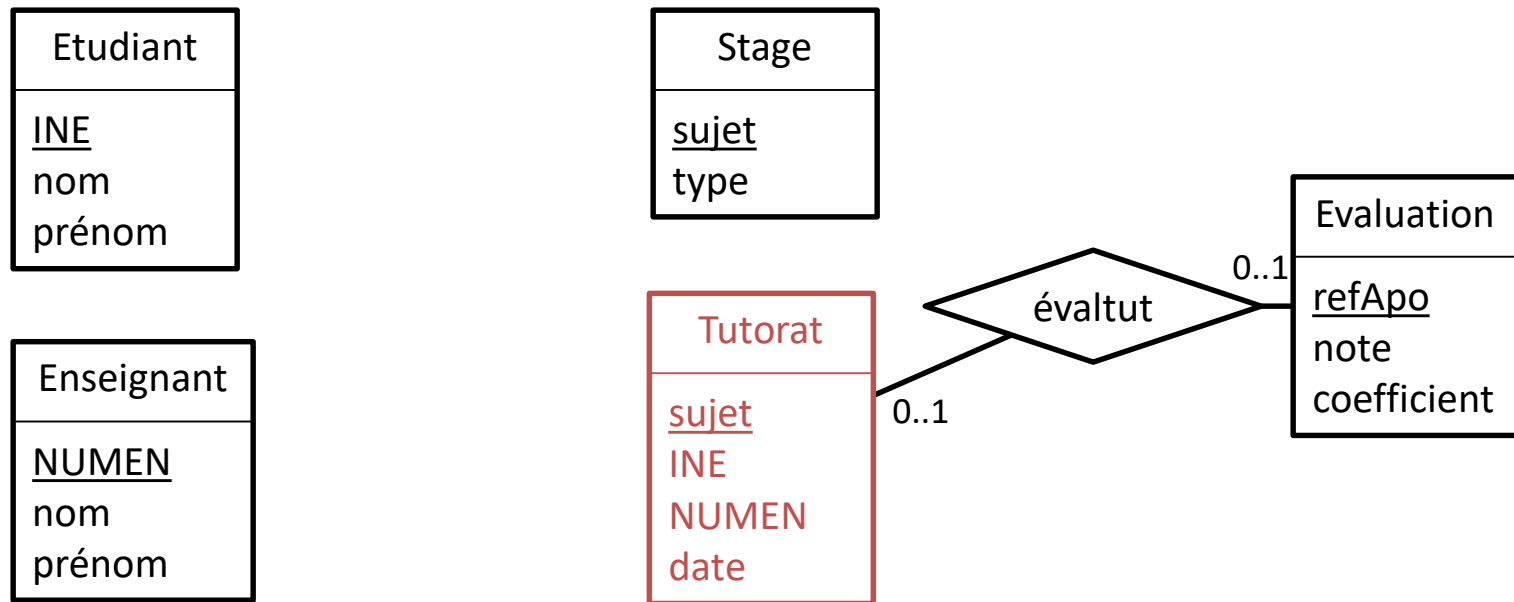
- Ordre supérieur des associations
 - Associations entre associations
- Transformation triviale
 - Association agrégée traduite en entité (cf. slides précédents)
 - Association d'ordre supérieur ramenée à une association de première ordre



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

■ Traduction des ensembles d'entités faibles

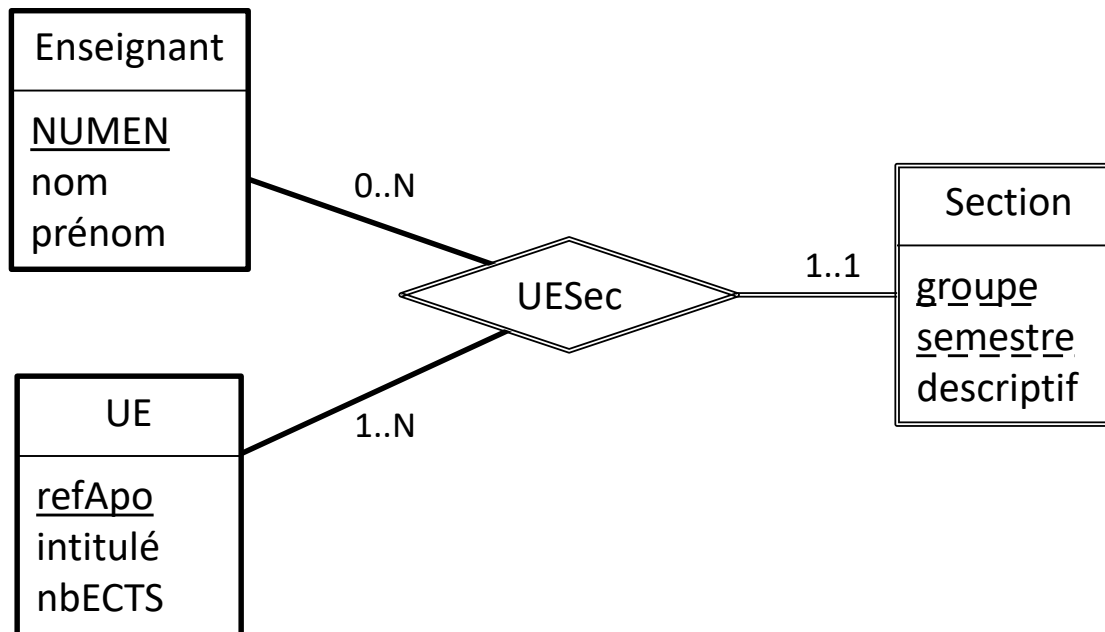
□ Ensemble d'entités sans clé primaire

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

Enseignant
<u>NUMEN</u>
nom
prénom

UE
<u>refApo</u>
intitulé
nbECTS

Section
<u>groupe</u>
<u>semestre</u>
<u>refApo</u>
NUMEN
descriptif



-- FIN --