Introduction Classes Asso. multi-mono Asso. multi-multi Classes-Associations Asso. mono-mono (rare) Classes Faibles Héritages

# Bases de Données : Modèle Logique (Algèbre Relationnelle)

#### Stéphane Devismes

Université Grenoble Alpes

26 août 2020



Traduction du modèle conceptuel (diagrammes) vers le modèle logique (algèbre relationnelle).

Traduction du modèle logique (algèbre relationnelle) vers le modèle physique (SQL).



#### Introduction

- 2 Classes
- 3 Asso. multi-mono
- 4 Asso. multi-multi
- 6 Classes-Associations
- 6 Asso. mono-mono (rare)
- Classes Faibles
- 8 Héritages



Il y a des contraintes qui ne peuvent être exprimées que comme des commentaires dans chacun des 3 modèles (si on se limite à SQL pour le modèle physique).

Mais ce ne sont pas tout-à-fait les mêmes contraintes dans les 3 modèles...

À la fin, en utilisant les déclencheurs de PL/SQL on doit pouvoir exprimer toutes les contraintes.

On pourrait aussi gérer les contraintes au niveau de l'application (par exemple, JDBC), mais c'est déconseillé.

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 4 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 5 / 5

IntroductionClassesAsso. multi-monoAsso. multi-multiClasses-AssociationsAsso. mono-mono (rare)Classes FaiblesHéritages00●00000000000000000000000000000000000

# Clé primaire

La traduction du modèle conceptuel (diagrammes) vers le modèle logique (algèbre relationnelle) que nous présentons ici propose, **pour chaque relation** construite, un **ensemble d'attributs** 

• dont les valeurs déterminent les valeurs de tous les attributs.

Dans l'immense majorité des cas,

• cet ensemble est minimal pour la propriété précédente.

Dans la suite, on le qualifiera donc (de manière un peu abusive) de clé primaire.

Dans le cas où la propriété de minimalité n'est pas satisfaite, il s'agit d'une superclé, c'est-à-dire un ensemble d'attribut *A* contenant (au moins) une clé. Il suffit donc d'**extraire une clé** *C* **de la superclé** *A* et d'utiliser celle-ci comme contrainte de clé primaire.

S. Devismes (UGA)		Modèle Logique			26 août 2020	6 / 51			
Introduction 0000000		Asso. multi-mono	Asso. multi-multi	Classes-Associations	Asso. mono-mono (rare)	Classes Faibles	Héritages 0000000		
Projection: exemple									

	$R_1$						
Α	В	С					
а	b	С					
а	y	С					
X	y	z					
u	V	w					
r	s	t					
r	s	Z					

$$R_1[A] = \{a, x, u, r\}$$

$$R_1[A,B] = \{\langle a,b\rangle, \langle a,y\rangle, \langle x,y\rangle, \langle u,v\rangle, \langle r,s\rangle\}$$



# Projection

Pour tout relation R et tout ensemble A d'attributs de R, on note R[A] la projection de R sur A.

Le résultat d'une projection est un ensemble.



Soient  $R_1$  et  $R_2$  deux relations,  $K_2$  la clé primaire de  $R_2$ , et supposons que les attributs qui composent  $K_2$  sont aussi des attributs de  $R_1$ , alors la contrainte de clé étrangère ou contrainte d'intégrité référentielle disant que les attributs  $K_2$  de  $R_1$  font référence à la clé primaire  $K_2$  de  $R_2$  est notée :

$$R_1[K_2] \subseteq R_2[K_2]$$
.

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 8 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 9 / 5

ntroduction Classes Asso. multi-mono Asso. multi-multi Classes-Associations Asso. mono-mono (rare) Classes Faibles Héritages

#### Cardinalités

Nous allons tout d'abord considérer les « cas de base » où les cardinalités 0..\* (multi) ou 0..1 (mono).

Ensuite on ajoutera des contraintes lorsque 0..\* est remplacé par 1..\* ou lorsque 0..1 est remplacé par 1.

Pour les autres cardinalités, on se ramène a un des cas traités ici, en ajoutant des contraintes (en commentaire si nécessaire).

re) Classes Faibles	Héritages
000	000000

# Classes → Relations

Soit *C* une classe qui n'est ni une classe faible ni une sous-classe ni une super-classe.

Alors C est traduite par une relation  $R_C$ .

Chaque attribut de C est un attribut de  $R_C$ , la clé primaire de  $R_C$  est celle de C.

Attention, la suite de la traduction pourra faire apparaître des attributs supplémentaires pour  $R_C$ . Cette remarque est valable pour toute la suite des traductions.

$$\begin{array}{c|c}
\hline C \\
\hline K \\
\hline A
\end{array}
\mapsto R_C(\underline{K},A,\ldots)$$



#### Fonction partielle

Soit S une association multi-mono de  $C_1$  vers  $C_2$  qui n'est ni une référence (pour une classe faible) ni un héritage. Soient  $R_1$  et  $R_2$  les relations construites à partir de  $C_1$  et  $C_2$ .

Fonction partielle : 
$$I_1 = 0..*$$
 et  $I_2 = 0..1$ 

Alors S est traduite en ajoutant à  $R_1$  les attributs de  $K_2$  avec la contrainte de clé étrangère disant que ces attributs font référence à la clé primaire  $K_2$  de  $R_2$ .

$$\begin{array}{c|c}
\hline C_1 \\
\hline K_1 \\
\hline A_1
\end{array}
\xrightarrow{0..*} \xrightarrow{S = 0..1} \overline{C_2} \\
\hline K_2 \\
\hline A_2
\end{array} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \underline{K_2}, \ldots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \ldots)$$

$$R_1[\underline{K_2}] \subseteq R_2[\underline{K_2}]$$

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 13 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 15 / 5

Introduction Classes Asso. multi-mono Asso. multi-multi Classes-Associations Asso. mono-mono (rare) Classes Faibles Héritages

#### Fonction totale

$$I_1 = 0..* \text{ et } I_2 = 1$$

On doit ajouter la contrainte que les attributs  $K_2$  dans  $R_1$  ont toujours une valeur.

Lorsque B est un ensemble d'attributs de R, on note « B pas  $\mathtt{NULL}$  dans R » pour dire que chacun des attributs de B a une valeur en chaque ligne de la table R.



# Fonction totale surjective

$$I_1 = 1..* \text{ et } I_2 = 1$$

On a à la fois  $R_1[K_2] = R_2[K_2]$  et chaque attribut de  $K_2$  a une valeur dans  $R_1$ .

$$\begin{array}{c|c} \hline C_1 \\ \hline K_1 \\ \hline A_1 \\ \end{array} \xrightarrow{1..*} \begin{array}{c|c} S & 1 \\ \hline K_2 \\ \hline A_2 \\ \end{array} \quad \mapsto \quad R_1(\underline{K_1},A_1,\underline{K_2},\ldots), \; R_2(\underline{K_2},A_2,\ldots) \\ \\ R_1[K_2] = R_2[K_2] \\ \hline K_2 \; \text{pas NULL dans} \; R_1 \\ \end{array}$$

duction Classes Asso. multi-mono Asso. multi Classes-Associations Asso. mono-mono (rare) Classes Faibles Héritages

# Fonction partielle surjective

$$I_1 = 1..* \text{ et } I_2 = 0..1$$

On doit renforcer la contrainte  $R_1(K_2) \subseteq R_2(K_2)$  en égalité  $R_1[K_2] = R_2[K_2]$ .

$$\frac{C_1}{\frac{K_1}{A_1}} \xrightarrow{1..*} \xrightarrow{S = 0..1} \frac{C_2}{\frac{K_2}{A_2}} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \underline{K_2}, \dots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \dots)$$

$$R_1[\underline{K_2}] = R_2[\underline{K_2}]$$



S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 18 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 19 / 5

#### Exemple (2/2)



#### Méthode

Soit S une association multi-multi entre  $C_1$  et  $C_2$ .

Soient  $R_1$  et  $R_2$  les relations construites à partir de  $C_1$  et  $C_2$ , et soient  $K_1$  et  $K_2$  leurs clés primaires.

Alors S est traduite par une relation  $R_3$ .

Les attributs de  $R_3$  correspondent à **l'ensemble des attributs de**  $K_1$  **et de**  $K_2$  (avec renommage si besoin pour ne pas les confondre).

La clé primaire de  $R_3$  est formée de tous ses attributs.

De plus on a **deux contraintes de clé étrangère** : les attributs  $K_1$  de  $R_3$  font référence à la clé de  $R_1$ , et les attributs  $K_2$  de  $R_3$  font référence à la clé de  $R_2$  :

 $R_3[K_1] \subseteq R_1[K_1]$  et  $R_3[K_2] \subseteq R_2[K_2]$ .



$$\frac{C_{1}}{K_{1}} \xrightarrow{1..*} \xrightarrow{S = 0..*} \frac{C_{2}}{K_{2}} \mapsto R_{1}(\underline{K_{1}}, A_{1}, ...), R_{2}(\underline{K_{2}}, A_{2}, ...), R_{3}(\underline{K_{1}}, \underline{K_{2}}),$$

$$R_{3}[K_{1}] \subseteq R_{1}[K_{1}], R_{3}[K_{2}] = R_{2}[K_{2}]$$

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 23 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 24 / 51

Cas de base :  $I_1 = 0..*$  et  $I_2 = 1..*$ 

Cas de base : 
$$I_1 = 1..*$$
 et  $I_2 = 1..*$ 

Asso multi-multi

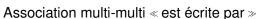
$$\begin{array}{c|c}
\hline C_1 \\
\hline K_1 \\
\hline A_1
\end{array} \xrightarrow{0..*} \xrightarrow{S = 1..*} \overline{C_2} \\
\hline K_2 \\
\hline A_2
\end{array} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \ldots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \ldots), R_3(\underline{K_1}, \underline{K_2}),$$

$$R_3[K_1] = R_1[K_1], R_3[K_2] \subseteq R_2[K_2]$$

$$\begin{array}{c|c}
\hline C_1 \\
\hline K_1 \\
\hline A_1
\end{array} \xrightarrow{1..*} \xrightarrow{S = 1..*} \overline{C_2} \\
\hline K_2 \\
\hline A_2
\end{array} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \ldots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \ldots), R_3(\underline{K_1}, \underline{K_2}),$$

$$R_3[K_1] = R_1[K_1], R_3[K_2] = R_2[K_2]$$









#### En résumé : 5 tables

Auteurs (nom, prenom)

Oeuvres (isbn, titre)

Livres (numL, isbn, numA)

Ecrivains(isbn, nom, prenom)

Adherents (numA, nom, prenom, adresse)

#### avec 4 contraintes de clés étrangères et 2 autres contraintes :

Livres [numA] ⊂ Adhérents [numA]

Livres [isbn] ⊂ Oeuvres [isbn]

Ecrivains [isbn] ⊆ Oeuvres [isbn]

Ecrivains [nom, prenom] 

Auteurs [nom, prenom]

isbn pas NULL dans Livres

Un adhérent emprunte au plus 5 livres

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 27 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020

# Méthode pour le cas multi-multi

Soit  $C_3$  une classe-association **multi-multi** entre  $C_1$  et  $C_2$ .

c'est similaire au cas de l'association multi-multi

Ici on traite le cas de base :  $I_1 = I_2 = 0..*$ 

$$\begin{array}{c|c}
\hline C_1 \\
\hline K_1 \\
\hline A_1
\end{array} \xrightarrow{0..*} \xrightarrow{0..*} \overline{C_2} \\
\downarrow \\
\hline C_3 \\
\hline A_3
\end{array} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \ldots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \ldots), R_3(\underline{K_1}, \underline{K_2}, A_3),$$

$$R_3[K_1] \subseteq R_1[K_1], R_3[K_2] \subseteq R_2[K_2]$$



# Méthode pour le cas multi-mono (rare)

Soit  $C_3$  une classe-association **multi-mono** entre  $C_1$  et  $C_2$ .

c'est similaire au cas de l'association multi-mono

Ici on traite le cas de base :  $I_1 = 0..*$  et  $I_2 = 0..1$ 

$$\begin{array}{c|c}
\hline C_1 \\
\hline K_1 \\
\hline A_1
\end{array} \xrightarrow{0..*} \xrightarrow{0..1} \overline{C_2} \\
\downarrow \\
\hline C_3 \\
\hline A_2
\end{array} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, K_2, \underline{A_3}, \ldots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \ldots),$$

$$R_1[K_2] \subseteq R_2[K_2]$$
  
 $K_2$  est NULL dans  $R_1 \Rightarrow A_3$  est NULL dans  $R_1$ 

# Exemple : Elèves / Diplôme





# Exemple : ajouter la date d'emprunt

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 32 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 33 / 5'

Introduction Classes Asso. multi-mono Asso. multi-multi Classes-Associations Asso. mono-mono (rare) Classes Faibles Héritages

#### Méthode (1/3)

Soit S une association mono-mono de  $C_1$  et  $C_2$ . Soient  $R_1$  et  $R_2$  les relations construites à partir de  $C_1$  et  $C_2$ .

**Cas**: 
$$I_1 = 0..1$$
 et  $I_2 = 0..1$ .

Alors S est traduite en ajoutant à  $R_1$  les attributs de  $K_2$  avec la contrainte de clé étrangère disant que ces attributs font référence à la clé primaire  $K_2$  de  $R_2$  et une contrainte d'unicité de  $K_2$  dans  $R_1$ . (Les rôles de  $R_1$  et  $R_2$  sont interchangeables.)

$$\begin{array}{c|c}
\hline C_1 \\
\underline{K_1} \\
A_1
\end{array}
\xrightarrow{0..1} S \quad 0..1
\xrightarrow{C_2} K_2 \\
\underline{K_2} \\
A_2$$

$$\mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \underline{K_2}, \dots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \dots)$$

$$R_1[\underline{K_2}] \subseteq R_2[\underline{K_2}]$$



#### Méthode (3/3)

Soit S une association mono-mono de  $C_1$  et  $C_2$ . Soient  $R_1$  et  $R_2$  les relations construites à partir de  $C_1$  et  $C_2$ .

**Cas** : 
$$I_1 = 1$$
 et  $I_2 = 1$ .

Alors S est traduite en ajoutant à  $R_1$  les attributs de  $K_2$  avec la contrainte de clé étrangère disant que ces attributs font référence à la clé primaire  $K_2$  de  $R_2$ . De plus  $K_2$  est unique et non-nulle dans  $R_1$ . (Les rôles de  $R_1$  et  $R_2$  sont interchangeables.)

$$\begin{array}{|c|c|c|c|}\hline C_1 \\ \hline K_1 \\ \hline A_1 \\ \hline \end{array} \xrightarrow{1 \quad S \quad 1} \overline{C_2} \\ \hline K_2 \\ \hline A_2 \\ \hline \end{array} \mapsto R_1(\underline{K_1}, A_1, \underline{K_2}, \dots), R_2(\underline{K_2}, A_2, \dots)$$

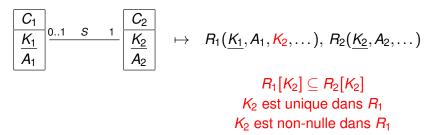
 $R_1[K_2] = R_2[K_2]$   $K_2$  est unique dans  $R_1$  $K_2$  est non-nulle dans  $R_1$  uction Classes Asso. multi-mono on transport of the first of the firs

#### Méthode (2/3)

Soit S une association mono-mono de  $C_1$  et  $C_2$ . Soient  $R_1$  et  $R_2$  les relations construites à partir de  $C_1$  et  $C_2$ .

**Cas** : 
$$I_1 = 0..1$$
 et  $I_2 = 1$ .

Alors S est traduite en ajoutant à  $R_1$  les attributs de  $K_2$  avec la contrainte de clé étrangère disant que ces attributs font référence à la clé primaire  $K_2$  de  $R_2$ . De plus  $K_2$  est unique et non-nulle dans  $R_1$ .





Plusieurs exemples possibles :

- Employé/Ordinateur : chaque ordinateur est utilisé par exactement 1 employé et chaque employé travaille sur 0 ou 1 ordinateur
- Personne en couple (boucle sur une seule table)
- . . .

Nous traitons maintenant le premier cas.

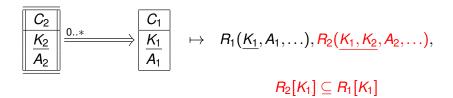
S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 37 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 38 / 51

# Exemple: Employé/Ordinateur



S. Devismes (UGA)			Modèle Logique			26 août 2020	39 / 51
Introduction 0000000		Asso. multi-mono	Asso. multi-multi	Classes-Associations	Asso. mono-mono (rare)	Classes Faibles ○●○	Héritages 0000000
Métho	nde (	(2/2)					

• En général :



• Si  $l_2 = 1..*$  alors la contrainte est  $R_2[K_1] = R_1[K_1]$ .

Méthode (1/2)

Soit  $C_2 \Rightarrow C_1$  une référence de  $C_2$  (classe faible) vers  $C_1$ .

Soit  $R_1$  la relation construite à partir de  $C_1$ .

Alors  $C_2$  est traduite par une relation  $R_2$ .

Les attributs de  $R_2$  sont formés de tous les attributs de  $K_1$  auxquels on ajoute tous ceux de  $C_2$ .

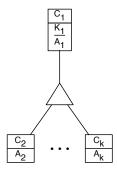
La clé primaire de  $R_2$  est formée de  $K_1$  et du complément de clé primaire de  $C_2$ .



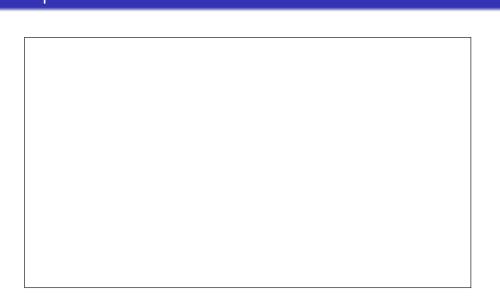
S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 42 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 43 /

#### 3 Méthodes

Nous considérons l'héritage suivant : les classes  $C_2, \ldots, C_k$   $(k \ge 2)$  sont des sous-classes de  $C_1$ .



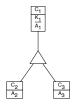
				26 août 2020	
Asso. multi-mono	Asso. multi-multi	Classes-Associations	Asso. mono-mono (rare)	Classes Faibles	Héritages ○○●○○○



#### Première Méthode

- Une relation  $R_1$  pour  $C_1$ .
  - Les attributs de  $R_1$  sont ceux de  $C_1$ .
  - La clé primaire de  $R_1$  est la clé  $K_1$  de  $C_1$ .
- Une relation  $R_i$  pour toute classe  $C_i$  avec  $2 \le i \le k$ .
  - Les attributs de  $R_i$  sont les attributs de  $K_1$  + ceux de  $C_i$ .
  - La clé primaire de  $R_i$  est  $K_1$ .
  - On a une contrainte de clé étrangère pour chaque  $R_i$  avec  $2 \le i \le k$ .
  - Pour tout i, j avec  $2 \le i < j \le k$  on a une contrainte  $R_i[K_1] \cap R_i[K_1] = \emptyset$ .
  - Si l'héritage est complet, on en plus la contrainte  $R_1[K_1] = \bigcup_{i=2}^{k} R_i[K_1]$ .

Exemple pour k = 3.



 $R_1(\underline{K_1}, A_1, ...), R_2(\underline{K_1}, A_2), R_3(\underline{K_1}, A_3),$   $R_2[K_1] \subseteq R_1[K_1]$   $R_3[K_1] \subseteq R_1[K_1]$  $R_2[K_1] \cap R_3[K_1] = \emptyset$ 

Si l'héritage est complet :  $R_1[K_1] = R_2[K_1] \cup R_3[K_1]$ 

S. Devismes (UGA)		N)	Modèle Logique				46 / 51
roduction		Asso. multi-mono	Asso. multi-multi	Classes-Associations	Asso. mono-mono (rare)	Classes Faibles	Héritages ○○○●○○○

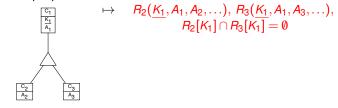
#### Deuxième Méthode

Pour un héritage exclusif et complet (ajouter une classe « autres » si besoin).

ATTENTION : à éviter si  $C_1$  est impliquée dans d'autres associations.

- Pas de relation pour  $C_1$ .
- Une relation  $R_i$  pour toute classe  $C_i$  avec  $2 \le i \le k$ .
  - Les attributs de  $R_i$  sont les attributs de  $C_1$  + ceux de  $C_i$ .
  - La clé primaire de  $R_i$  est  $K_1$ , la clé de  $C_1$ .
- Pour tout i, j avec  $2 \le i < j \le k$  on a une contrainte  $R_i[K_1] \cap R_i[K_1] = \emptyset$ .

Exemple pour k = 3.



S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 47 / 51 S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 48 / 51



S. Devis	S. Devismes (UGA)			Modèle Logique			49 / 51
Introduction 000000	Classes 00	Asso. multi-mono	Asso. multi-multi	Classes-Associations	Asso. mono-mono (rare)	Classes Faibles	Héritages ○○○○○●
Exem	nle						
Exem	pie						



S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 51 / 51

Introduction Classes Asso. multi-mono Asso. multi-multi Classes-Associations occasions occasion

# Troisième Méthode

Pour un héritage avec une seule sous-classe.

- Une seule relation  $R_1$  pour  $C_1$  et  $C_2$ .
- Les attributs de  $R_1$  sont ceux de  $C_1$  + ceux de  $C_2$  + un attribut spécial « is- $C_2$  » de type Nombre.
- La valeur de « is- $C_2$  » est 1 si l'objet appartient à  $C_2$  et 0 sinon.
- La clé primaire de  $R_1$  est  $K_1$ , la clé de  $C_1$ .
- Pour chaque ligne de  $R_1$ , si « is- $C_2$  » vaut 0 alors les attributs de  $C_2$  ont pour valeur NULL.

S. Devismes (UGA) Modèle Logique 26 août 2020 50 / 5