

Elément : Bases de Données Cycle Ingénieur/ ENSAF 1^{ère} Année

Cours 2 AR
Part 2/2

abdelhak.boulaalam@usmba.ac.ma

Database Concepts

©Boulaalam, SMBA University

National School of Applied Sciences Fes

<https://sites.google.com/a/usmba.ac.ma/boulaalam/>



Elément 2 : Vue d'ensemble Outline (Partie 2 AR)

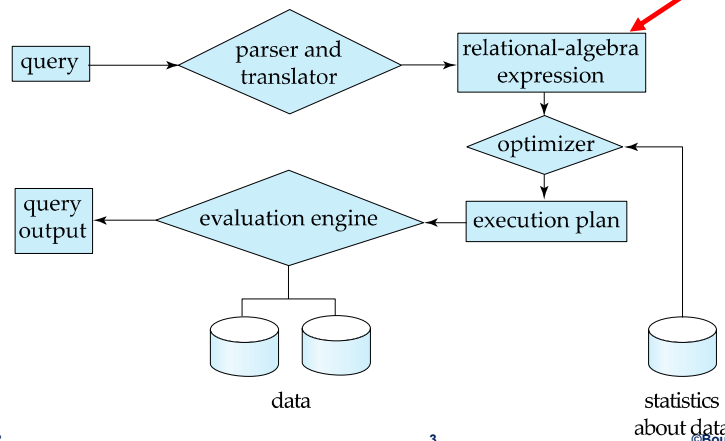
Elément 2: Bases de données

- Partie 1:
 - Introduction et rappel modélisation
- Partie 2:
 - Le concept d'Abstraction/Implémentation
 - Algèbre Relationnelle - Relational Algebra
 - Les operateurs unaires
 - Produit et jointures
 - Operations ensembliste
 - Opération d'affectation
 - Rename operator ρ
 - Complex Queries
 - Les vues - Views



Algèbre relationnelle

- Pourquoi étudier l'algèbre relationnelle??
 - Comment les SGBDs Traitent les requêtes ??
- Ns Somme içi
Partie 2



DB & AR

3

©Boulaalam/SMBA University



Produits et jointures

DB & AR

4

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

■ Produits et jointures

- Il existe plusieurs types de produits définis en algèbre relationnelle.
- Pour deux tables, A et B, nous formons leur produit, écrit:

$A \text{ TIMES } B$ ou $A \times B$

- $A \times B$: est une table formé en concaténant toutes les lignes de A avec toutes les lignes de B.
 - ➔ Les colonnes de A suivies des colonnes de B,
 - ➔ La largeur est la largeur de A plus la largeur de B.



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

■ Produits et jointures

- Si A a x lignes et B a y lignes
 - ➔ Alors la relation résultante de $A \times B$ a $x * y$ lignes.
- Exemple (fiche cours exemple 2)
 - le produit R de $\text{Student} \times \text{Enroll}$
 - a sept colonnes (n-uplet avec $n=7$) **MAIS**
 - deux d'entre elles sont appelées **stuld**.
- Question: rappeler le définition formelle d'une relation en AR?
 - Pour distinguer ces deux, nous utilisons les **noms qualifiés des tables d'origine** (**Student.stuld** et **Enroll.stuld**.)
- Étant donné que Student a 7 lignes et Enroll a 9 lignes, le produit a 63 lignes.



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

- Produits et jointures Exemple de Student \times Enroll (DB university)

Student .stuId	lastName	firstName	major	credits	Enroll .stuId	classNumber	grade
S1001	Smith	Tom	History	90	S1001	ART103A	A
S1001	Smith	Tom	History	90	S1001	HST205A	C
S1001	Smith	Tom	History	90	S1002	ART103A	D
S1001	Smith	Tom	History	90	S1002	CSC201A	F
S1001	Smith	Tom	History	90	S1002	MTH103C	B
S1001	Smith	Tom	History	90	S1010	ART103A	
S1001	Smith	Tom	History	90	S1010	MTH103C	
S1001	Smith	Tom	History	90	S1020	CSC201A	B
S1001	Smith	Tom	History	90	S1020	MTH101B	A
S1002	Chin	Ann	Math	36	S1001	ART103A	A
...
...

DB & AR

versity



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

- Exercice: soient les 2 relations teaches et instructor

teaches	ID	course_id	sec_id	semester	year
	10101	CS-101	1	Fall	2017
	10101	CS-315	1	Spring	2018
	10101	CS-347	1	Fall	2017
	12121	FIN-201	1	Spring	2018
	15151	MU-199	1	Spring	2018
	22222	PHY-101	1	Fall	2017
	32343	HIS-351	1	Spring	2018
	45565	CS-101	1	Spring	2018
	45565	CS-319	1	Spring	2018
	76766	BIO-101	1	Summer	2017
	76766	BIO-301	1	Summer	2018
	83821	CS-190	1	Spring	2017
	83821	CS-190	2	Spring	2017
	83821	CS-319	2	Spring	2018
	98345	EE-181	1	Spring	2017

instructor	ID	name	dept_name	salary
	22222	Einstein	Physics	95000
	12121	Wu	Finance	90000
	32343	El Said	History	60000
	45565	Katz	Comp. Sci.	75000
	98345	Kim	Elec. Eng.	80000
	76766	Crick	Biology	72000
	10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000
	58583	Califieri	History	62000
	83821	Brandt	Comp. Sci.	92000
	15151	Mozart	Music	40000
	33456	Gold	Physics	87000
	76543	Singh	Finance	80000

- Analyser le produit cartésien $r = \text{instructor} \times \text{teaches}$
- Donner la relation r en intension et en extension
- Appliquer une sélection sur r avec le prédicat $\text{instructor.ID} = \text{teaches.ID}$.
- Remarques!

DB & AR

8

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

■ Exercice:

$r = \text{instructor} \times \text{teaches}$

$\sigma_{\text{instructor.id} = \text{teaches.id}}(r) =$
??

instructor.ID	name	dept_name	salary	teaches.ID	course_id	sec_id	semester	year
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	10101	CS-101	1	Fall	2017
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	10101	CS-315	1	Spring	2018
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	10101	CS-347	1	Fall	2017
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	12121	FIN-201	1	Spring	2018
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	15151	MU-199	1	Spring	2018
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	22222	PHY-101	1	Fall	2017
...
12121	Wu	Finance	90000	10101	CS-101	1	Fall	2017
12121	Wu	Finance	90000	10101	CS-315	1	Spring	2018
12121	Wu	Finance	90000	10101	CS-347	1	Fall	2017
12121	Wu	Finance	90000	12121	FIN-201	1	Spring	2018
12121	Wu	Finance	90000	15151	MU-199	1	Spring	2018
12121	Wu	Finance	90000	22222	PHY-101	1	Fall	2017
...
15151	Mozart	Music	40000	10101	CS-101	1	Fall	2017
15151	Mozart	Music	40000	10101	CS-315	1	Spring	2018
15151	Mozart	Music	40000	10101	CS-347	1	Fall	2017
15151	Mozart	Music	40000	12121	FIN-201	1	Spring	2018
15151	Mozart	Music	40000	15151	MU-199	1	Spring	2018
15151	Mozart	Music	40000	22222	PHY-101	1	Fall	2017
...
22222	Einstein	Physics	95000	10101	CS-101	1	Fall	2017
22222	Einstein	Physics	95000	10101	CS-315	1	Spring	2018
22222	Einstein	Physics	95000	10101	CS-347	1	Fall	2017
22222	Einstein	Physics	95000	12121	FIN-201	1	Spring	2018
22222	Einstein	Physics	95000	15151	MU-199	1	Spring	2018
22222	Einstein	Physics	95000	22222	PHY-101	1	Fall	2017
...

DB & AR

9

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

■ Exercice - Synthèse:

- Le produit cartésien $r = \text{instructor} \times \text{teaches}$
 - associe chaque tuple d'instructor à chaque tuple de teaches.
 - La plupart des lignes résultantes contiennent des informations sur les instructeurs qui n'ont PAS enseigné un cours particulier → **résultat exhaustif!!!**
- Pour obtenir uniquement les **tuples significatifs**:

$\sigma_{\text{instructor.id} = \text{teaches.id}}(\text{instructor} \times \text{teaches})$

- Le résultat de cette expression, montré dans la diapositive suivante

DB & AR

10

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

■ Exercice:

$r = \text{instructor} \times \text{teaches}$

$\sigma_{\text{instructor.id} = \text{teaches.id}}(r) =$

instructor.ID	name	dept.name	salary	teaches.ID	course.id	sec.id	semester	year
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	10101	CS-101	1	Fall	2017
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	10101	CS-315	1	Spring	2018
10101	Srinivasan	Comp. Sci.	65000	10101	CS-347	1	Fall	2017
12121	Wu	Finance	90000	12121	FIN-201	1	Spring	2018
15151	Mozart	Music	40000	15151	MU-199	1	Spring	2018
22222	Einstein	Physics	95000	22222	PHY-101	1	Fall	2017
32343	El Said	History	60000	32343	HIS-351	1	Spring	2018
45565	Katz	Comp. Sci.	75000	45565	CS-101	1	Spring	2018
45565	Katz	Comp. Sci.	75000	45565	CS-319	1	Spring	2018
76766	Crick	Biology	72000	76766	BIO-101	1	Summer	2017
76766	Crick	Biology	72000	76766	BIO-301	1	Summer	2018
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000	83821	CS-190	1	Spring	2017
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000	83821	CS-190	2	Spring	2017
83821	Brandt	Comp. Sci.	92000	83821	CS-319	2	Spring	2018
98345	Kim	Elec. Eng.	80000	98345	EE-181	1	Spring	2017

DB & AR

11

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Produits et jointures

Theta Join

- La jointure thêta est définie comme le résultat de l'exécution d'une opération SELECT sur le produit.
- Le symbole $|x|_{\theta}$ est utilisé pour la jointure thêta.
- Pour deux relations quelconques, A et B, la jointure thêta est définie symboliquement comme :
 - C'est le résultat de l'exécution d'une opération SELECT sur le produit.

$$A |x|_{\theta} B = \sigma_{\theta}(A \times B)$$

DB & AR

12

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Theta Join

- Exemple:

- Avoir uniquement les tuples du produit `Student × Enroll` où la valeur des crédits est supérieure à 50:

$\sigma_{\text{credits} > 50}(\text{Student} \times \text{Enroll})$

- Equivalent à :

1. `Student TIMES Enroll GIVING Temp`
2. `SELECT Temp WHERE credits > 50`



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Theta Join et equijoin

- Pour `Student × Enroll` nous serions rarement intéressés aux lignes ayant un stuld différent (résultat exhaustif) ??
- Solution:
 - Garder que les lignes du produit où les **valeurs des colonnes communes sont égales**. (FK = PK)
- Lorsque le thêta est égal sur les colonnes communes →
 - nous avons une jointure **equijoin** des tables.



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Equijoin

- Pour former une jointure de type "equijoin":
 - Nous commençons avec deux tables ayant une colonne ou des colonnes communes.
 - Nous comparons chaque tuple du premier à chaque tuple du second:
 - Choisissons uniquement les concaténations dans lesquelles les valeurs dans les colonnes communes sont égales.

DB & AR

15

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Produits et jointures

- Equijoin – Exercice: pour Student EQUIJOIN Enroll (fiche cours – exemple 2)
- Donner:
 1. Le schéma de la relation résultante en intension allégé
 2. Donner le schéma en extension

Student EQUIJOIN Enroll

Student .stuId	lastName	firstName	major	credits	Enroll .stuId	classNumber	grade
S1001	Smith	Tom	History	90	S1001	ART103A	A
S1001	Smith	Tom	History	90	S1001	HST205A	C
S1002	Chin	Ann	Math	36	S1002	ART103A	D
S1002	Chin	Ann	Math	36	S1002	CSC201A	F
S1002	Chin	Ann	Math	36	S1002	MTH103C	B
S1010	Burns	Edward	Art	63	S1010	ART103A	
S1010	Burns	Edward	Art	63	S1010	MTH103C	
S1020	Rivera	Jane	CSC	15	S1020	CSC201A	B
S1020	Rivera	Jane	CSC	15	S1020	MTH101B	A

DB & AR

16

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Equijoin

(Student **EQUIJOIN** Enroll)

Cette opération d'equijoin est équivalente à :

1- Student **TIMES** Enroll **GIVING**
Temp3

2- **SELECT** Temp3 **WHERE**
Student.stuId = Enroll.stuId

2 ↔ $\sigma_{\text{Student.stuId}=\text{Enroll.stuId}}(\text{Temp3})$



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Natural Join

- Par définition dans le monde du BD relationnel:
 - Nous avons toujours au moins deux colonnes identiques dans une equijoin
 - une colonne dans chaque table.
 - Les colonnes identiques sont des colonnes qui:
 - ont le même nom (**pas toujours**)
 - et ont le même domaine (**toujours**).
 - Question: Faire une analyse des deux points précédents.



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Natural Join

- Puisqu'il ne semble pas nécessaire d'inclure la colonne répétée dans le résultat, nous pouvons la supprimer et nous définissons une **jointure naturelle** comme une **equijoin** dans laquelle la colonne répétée est éliminée.
- Il s'agit de la forme la plus courante de l'opération JOIN:

```
tableName1 JOIN tableName2 [GIVING  
newTableName]
```



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ Natural Join

- En langage symbolique, on peut utiliser le symbole **|x|** sans indice pour la jointure naturelle, comme dans :

```
tableName1 |x| tableName2
```

• Exercice:

- Faculty |x| Class ou
- Faculty JOIN Class ou

Faculty NATURAL JOIN Class						
FacId	name	department	rank	classNo	schedule	room
F101	Adams	Art	Professor	ART103A	MWF9	H221
F105	Tanaka	CSC	Instructor	CSC203A	MThF12	M110
F105	Tanaka	CSC	Instructor	CSC201A	TuThF10	M110
F110	Byrne	Math	Assistant	MTH103C	MWF11	H225
F110	Byrne	Math	Assistant	MTH101B	MTuTh9	H225
F115	Smith	History	Associate	HST205A	MWF11	H221



Algèbre relationnelle Produits et jointures

- Exercice de synthèse:
 - Sur la fiche cours – exemple 2
 - Donner le résultat des opérations suivantes:
 - Op1:
 - SELECT Student WHERE lastName='Chin' AND firstName ='Ann' GIVING Temp1
 - Temp1 JOIN Enroll GIVING Temp2
 - PROJECT Temp2 OVER (classNo, grade) GIVING Answer
 - Op2:
 - $\Pi_{\text{classNo, grade}}((\sigma_{\text{lastName}='Chin' \wedge \text{firstName}='Ann'}(\text{Student})) \mid x \mid \text{Enroll})$
 - Op3:
 - $\Pi_{\text{classNo, grade}}(\Pi_{\text{stud}}(\sigma_{\text{lastName}='Chin' \wedge \text{firstName}='Ann'}(\text{Student})) \mid x \mid \text{Enroll})$
 - Op4:
 - $\Pi_{\text{classNo, grade}}(\sigma_{\text{lastName}='Chin' \wedge \text{firstName}='Ann'}(\text{Student} \mid x \mid \text{Enroll}))$
 - Résultat! discussion



Algèbre relationnelle Produits et jointures

- **SemiJoin** - **LEFT SEMIJOIN**
 - Semi-jointure **gauche** de deux tables.
 - Soit les tables A et B:
 - Alors **A LEFT SEMIJOIN B**, écrit **A |x B** est calculée en :
 1. prenant la **jointure naturelle de A et B** puis
 2. en projetant le résultat sur les **attributs de A**.
 - Résultat = sera juste ces tuples de A qui participer à la jointure naturelle



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ SemiJoin - LEFT SEMIJOIN

- Exemple: `Student` \bowtie `Enroll`

`Student` LEFT SEMIJOIN `Enroll`

StuId	lastName	firstName	major	credits
S101	Smith	Tom	History	90
S1002	Chin	Ann	Math	36
S1010	Burns	Edward	Art	63
S1020	Rivera	Jane	CSC	15

`Student` LEFT SEMIJOIN `Enroll` **different à** `Enroll`
LEFT SEMIJOIN `Student` → **non commutative**



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ SemiJoin - RIGHT SEMIJOIN

- Semi-jointure **droite** de deux tables.

- `A` RIGHT SEMIJOIN `B` ou
- `A` \bowtie `B`

1. Prenant la **jointure naturelle** de `A` et `B`,
2. puis en projetant le résultat sur les **attributs de B**.

Exemple: Pour `Student` \bowtie `Enroll`

- C'est la projection sur la table `Enroll` de la jointure naturelle
 - c'est-à-dire les tuples d'`Enroll` qui participent à la jointure.



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ A LEFT OUTER JOIN B

- joint naturel: $A \bowtie B$:
 - Seuls les tuples de A et B qui ont des correspondances participent au résultat PK ==FK.
- Pourquoi LEFT OUTER JOIN:
 - Dans certains cas, par exemple, il est souhaitable que tous les tuples des relations d'origine apparaissent dans le résultat, **même ceux sans correspondance dans la deuxième relation.**
- A LEFT OUTER JOIN B: 3 étapes
 1. Jointure naturelle, puis
 2. En ajoutant au résultat tous les tuples de la table à gauche (A dans cet exemple) pour lesquels il n'y a pas de correspondance dans B, puis
 3. En remplissant les attributs de B qui apparaissent dans la jointure avec des **valeurs null pour les tuples A inégalés.**



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ A LEFT OUTER JOIN B

Exercice:

Donner le résultat de:

Student LEFT OUTER JOIN **Enroll**



Algèbre relationnelle Produits et jointures

Student LEFT OUTER JOIN Enroll

stuId	lastName	firstName	major	credits	classNumber	grade
S1001	Smith	Tom	History	90	HST205A	C
S1001	Smith	Tom	History	90	ART103A	A
S1002	Chin	Ann	Math	36	MTH103C	B
S1002	Chin	Ann	Math	36	CSC201A	F
S1002	Chin	Ann	Math	36	ART103A	D
S1010	Burns	Edward	Art	63	MTH103C	
S1010	Burns	Edward	Art	63	MTH103C	A
S1020	Rivera	Jane	CSC	15	MTH101B	A
S1020	Rivera	Jane	CSC	15	CSC201A	B
S1005	Lee	Perry	History	3		
S1013	McCarthy	Owen	Math	0		
S1015	Jones	Mary	Math	42		



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ A RIGHT OUTER JOIN B

- A RIGHT OUTER JOIN B: 3 étapes
 1. Jointure naturelle, puis
 2. En ajoutant au résultat tous les tuples de la table à droite (B dans cet exemple) pour lesquels il n'y a pas de correspondance dans A, puis
 3. En remplissant les attributs de A qui apparaissent dans la jointure avec des **valeurs null pour les tuples B inégalés**.



Algèbre relationnelle Produits et jointures

■ A RIGHT OUTER JOIN B

Exercice:

Donner le résultat de:

Student RIGHT OUTER JOIN Enroll



Opérations ensembliste



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ Définitions

- Les opérations ensemblistes vont permettre, à partir de **deux relations**, d'en construire **une troisième**:
 - La totalité des attributs de chacune des relation est conservée.
 - Dans le contexte d'un SI, ces opérations vont permettre à l'utilisateur de:
 - Regrouper les informations provenant de deux relations dans une seule avec ou non des conditions de recherche.



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

Définition

- L'intersection de deux relations R1 et R2 est une nouvelle relation R dont les tuples appartiennent à R1 ET R2.
- Les trois relations R1, R2 et R ont **le même schéma de relation**.
- On notera : $R = R1 \cap R2$
- Un seul exemplaire de chaque tuple commun est conservé.

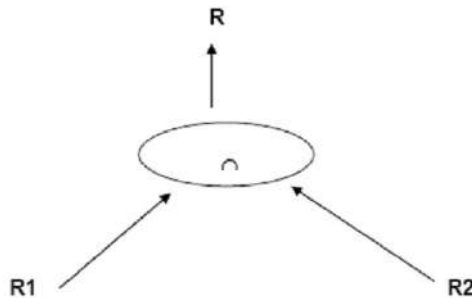


Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

Définition

- La modélisation graphique de l'intersection est la suivante :



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

• Attention !

- L'intersection ne peut être appliquée que sur deux relations ayant **absolument le même schéma**.

• Exemples (Ex 1)

- Supposons que deux bibliothèques B1 et B2 fusionnent et décident de rechercher les livres qu'elles ont en commun pour n'en garder qu'un exemplaire.
- Chacune des bibliothèques possède une relation LIVREB1 et LIVREB2, recensant les caractéristiques des livres.
 - LIVREB1 (NULIV, TITLIV, NOAUT)
 - LIVREB2 (NULIV, TITLIV, NOAUT, PNAUT)
 - La demande rechercher les livres communs à B1 et B2 consiste à faire une intersection sur deux ensembles de livres.
 - Oui, mais en algèbre relationnelle, les deux ensembles doivent avoir le même schéma descriptif.
 - LIVREB1 et LIVREB2 n'ont pas le même schéma → **opération non autorisée**



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

• Exemples (Ex 2)

- deux bibliothèques B1 et B2 fusionnent et décident de rechercher les livres qu'elles ont en commun pour n'en garder qu'un exemplaire.
- LIVREB1 a pour schéma <NULIV, TITLIV, NOAUT>
- LIVREB2 a pour schéma <NULIV, TITLIV, NOAUT>
- Les relations LIVREB1 et LIVREB2 ont le même schéma, donc il est possible de répondre à la question par **LIVREB1 \cap LIVREB2**.
 - La relation résultante INTERLIVRE aura pour schéma : <NULIV, TITLIV, NOAUT>
 - et ne conservera que les tuples communs à LIVRE1 et LIVRE2.



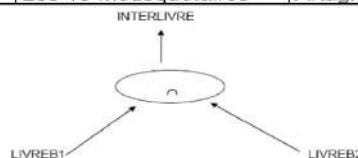
Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

• Exemples (Ex 2) – suite

LIVREB1	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan

LIVREB2	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	La Basilique de Paris	Victorien
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	203	Le roi de la forêt	Aiglon
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan





Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

- Exemples (Ex 2) – suite
 - Qu'appelle-t-on un tuple commun ?
 - C'est un tuple qui aura les mêmes valeurs pour chacun de ces attributs dans LIVREB1 et LIVREB2.
 - Nous obtenons :

INTERLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan

Remarque: $R1 \cap R2 = R2 \cap R1$



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'intersection / Set-Intersection Operation

- Exercice
 - Exprimer la demande puis Analyser et Donner le résultat de:

$\Pi_{course_id} (\sigma_{semester="Fall" \wedge year=2017} (section))$



$\Pi_{course_id} (\sigma_{semester="Spring" \wedge year=2018} (section))$

Demande : Trouvez l'ensemble de tous les cours enseignés aux semestres d'automne 2017 et de printemps 2018.

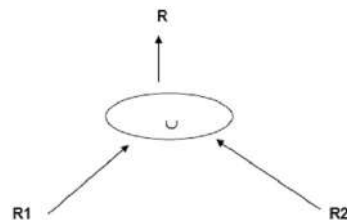
course_id
CS-101



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

- Définition
 - L'union de deux relations $R1$ et $R2$ est une nouvelle relation R dont les tuples appartiennent à $R1$ OU appartiennent à $R2$ OU appartiennent à $R1$ et $R2$.
 - Les trois relations $R1$, $R2$ et R ont le même schéma.
 - Notation: $R = R1 \cup R2$
- Comme dans le cas de l'intersection, s'il existe des tuples communs à $R1$ et à $R2$, un seul exemplaire de chaque est conservé.
- La modélisation graphique:



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

- Exemple
 - 2 bibliothèques $B1$ et $B2$ fusionnent et décident de regrouper tous leurs livres.
 - Les relations $LIVREB1$ et $LIVREB2$ ont pour schéma $\langle \underline{NULIV}, TITLIV, NOAUT \rangle$.
 - Pour répondre à la demande des bibliothécaires:
 - il faut faire une réunion de leurs livres et donc, en algèbre relationnelle \rightarrow une union de leurs relations
 - La relation résultante $UNIONLIVRE$ aura pour schéma $\langle \underline{NULIV}, TITLIV, NOAUT \rangle$ et regroupera tous les tuples appartenant à $LIVREB1$ ou à $LIVREB2$ ou à $LIVREB1$ et $LIVREB2$
 - la relation résultante n'a pas de clé primaire définie $\rightarrow ??$
 - En effet, l'union regroupe tous les tuples quelque soit la valeur de chacun de leurs attributs.



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

• Exemple - suite

LIVREB1	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan

LIVREB2	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	La Basilique de Paris	Victorien
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	217	Le jardin en folie	Rahhan

1) La relation résultante UNIONLIVRE aura pour schéma <NULIV, TITLIV, NOAUT>.

2) Puis, elle regroupera tous les tuples appartenant à LIVREB1 et LIVREB2.

- Cette condition est la même que celle utilisée pour l'intersection.
- Il n'y a qu'un tuple qui vérifie cette condition.

UNIONLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

• Exemple - suite

3) Elle contiendra aussi tous les tuples appartenant à LIVREB1.

UNIONLIVRE :

UNIONLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

- Exemple - suite

4) Elle contiendra aussi tous les tuples appartenant à LIVREB2.

Nous enrichissons UNIONLIVRE :

UNIONLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	101	La Basilique de Paris	Victorien
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	217	Le jardin en folie	Rahhan



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

- Exemple - suite

5) Enfin, nous éliminons les tuples éventuels en doublons :

UNIONLIVRE :

UNIONLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	101	La Basilique de Paris	Victorien
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	217	Le jardin en folie	Rahhan



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

■ L'UNION / Union operation

• Exemple – fin

■ Analyse

- LIVREB1 contenait 4 tuples.
- LIVREB2 contenait 3 tuples.
- UNIONLIVRE contient 6 tuples puisque les deux relations avait un tuple en commun dont nous avons éliminé un exemplaire.

■ Remarque

- Nous avons deux tuples qui ont le même numéro de livre. Cela est normal car la relation résultante ne reprend pas les clés primaires des relations originelles; mais, ce ne sont pas des doublons car ces deux tuples ont au moins un même attribut qui a des valeurs différentes.

$$R1 \cup R2 = R2 \cup R1$$



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

Exercice 3- suite Soit la relation section en extension:

Demande ensemble de tous les cours enseignés au semestre d'automne (Fall) 2017

$\Pi_{course_id} (\sigma_{semester = "Fall" \wedge year=2017} (section))$

Demandes ensemble des cours suivis au printemps(Spring) 2018

$\Pi_{course_id} (\sigma_{semester = "Spring" \wedge year=2018} (section))$

course_id	sec_id	semester	year	building	room_number	time_slot_id
BIO-101	1	Summer	2017	Painter	514	B
BIO-301	1	Summer	2018	Painter	514	A
CS-101	1	Fall	2017	Packard	101	H
CS-101	1	Spring	2018	Packard	101	F
CS-190	1	Spring	2017	Taylor	3128	E
CS-190	2	Spring	2017	Taylor	3128	A
CS-315	1	Spring	2018	Watson	120	D
CS-319	1	Spring	2018	Watson	100	B
CS-319	2	Spring	2018	Taylor	3128	C
CS-347	1	Fall	2017	Taylor	3128	A
EE-181	1	Spring	2017	Taylor	3128	C
FIN-201	1	Spring	2018	Packard	101	B
HIS-351	1	Spring	2018	Painter	514	C
MU-199	1	Spring	2018	Packard	101	D
PHY-101	1	Fall	2017	Watson	100	A

Demandes trouver l'ensemble de tous les cours enseignés au semestre d'automne 2017, au semestre de printemps 2018,

$\Pi_{course_id} (\sigma_{semester = "Fall" \wedge year=2017} (section)) \cup \Pi_{course_id} (\sigma_{semester = "Spring" \wedge year=2018} (section))$



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

Exercice 3- suite Soit la relation section en extension:

Demande ensemble de tous les cours enseignés au semestre d'automne (Fall) 2017

$\Pi_{\text{course_id}} (\sigma_{\text{semester} = \text{"Fall"} \wedge \text{year}=2017} (\text{section}))$

Demandes ensemble des cours suivis au printemps(Spring) 2018

$\Pi_{\text{course_id}} (\sigma_{\text{semester} = \text{"Spring"} \wedge \text{year}=2018} (\text{section}))$

course_id	sec_id	semester	year	building	room_number	time_slot_id
BIO-101	1	Summer	2017	Painter	514	B
BIO-301	1	Summer	2018	Painter	514	A
CS-101	1	Fall	2017	Packard	101	H
CS-101	1	Spring	2018	Packard	101	F
CS-190	1	Spring	2017	Taylor	3128	E
CS-190	2	Spring	2017	Taylor	3128	A
CS-315	1	Spring	2018	Watson	120	D
CS-319	1	Spring	2018	Watson	100	B
CS-319	2	Spring	2018	Taylor	3128	C
CS-347	1	Fall	2017	Taylor	3128	A
EE-181	1	Spring	2017	Taylor	3128	C
FIN-201	1	Spring	2018	Packard	101	B
HIS-351	1	Spring	2018	Painter	514	C
MU-199	1	Spring	2018	Packard	101	D
PHY-101	1	Fall	2017	Watson	100	A

Demandes Trouver l'ensemble de tous les cours enseignés à la fois aux semestres d'automne 2017 et de printemps 2018.

$\Pi_{\text{course_id}} (\sigma_{\text{semester} = \text{"Fall"} \wedge \text{year}=2017} (\text{section})) \cap \Pi_{\text{course_id}} (\sigma_{\text{semester} = \text{"Spring"} \wedge \text{year}=2018} (\text{section}))$

DB & AR

47

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

La différence / Set Difference Operation

Exemple

- Supposons qu'une grande librairie B1 rachète une petite librairie B2 et décide de ne conserver en vente que les livres de B1; mais, de plus, s'il y a un livre de B1 qui est référencé chez B2, il est retiré de la vente.
- Chacune des librairies possède une relation LIVREB1 et LIVREB2 recensant les caractéristiques des livres.
- LIVREB1 et LIVREB2 ont pour schéma $\langle \text{NULIV}, \text{TITLIV}, \text{NOAUT} \rangle$
- La demande de la librairie B1 correspond à un tri particulier des livres de B1 et B2 qui s'appelle, en algèbre relationnelle → **une différence de leurs relations**
 - $\text{LIVREB1} \setminus \text{LIVREB2}$

DB & AR

48

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

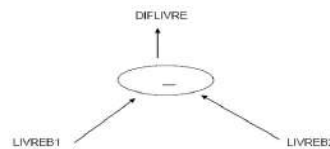
La différence / Set Difference Operation

Exemple - suite

- La relation résultante DIFLIVRE aura pour schéma $\langle \text{NULIV}, \text{TITLIV}, \text{NOAUT} \rangle$ et regroupera tous les tuples appartenant à LIVREB1 et n'appartenant pas à LIVREB2.
- Considérons LIVREB1 et LIVREB2 en extension:

LIVREB1	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan

LIVREB2	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	La Basilique de Paris	Victorien
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	217	Le jardin en folie	Rahhan



DB & AR

49

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

La différence / Set Difference Operation

Exemple - Fin

- Étapes à suivre :

- La relation résultante DIFLIVRE aura pour schéma $\langle \text{NULIV}, \text{TITLIV}, \text{NOAUT} \rangle$
- Elle contiendra tous les tuples appartenant à LIVREB1.

- Nous obtenons :

DIFLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	102	Le soir des fourmiz	Bertrand
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan

- Puis, il faut ensuite éliminer les tuples qui appartiendraient aussi à B2.

Dans notre exemple, il n'y en a qu'un : $\langle 102, \text{Le soir des fourmiz}, \text{Bertrand} \rangle$.

- Nous obtenons :

DIFLIVRE	NULIV	TITLIV	NOAUT
	101	Les fourmiz	Bertrand
	203	La révolte des fourmiz	Bertrand
	104	Les 10 mousquetaires	Artagnan

DB & AR

50

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle Opérations ensembliste

Exercice

Demande: Trouver tous les cours enseignés au semestre d'automne (Fall) 2017 mais pas au semestre de printemps (Spring) 2018

$\Pi_{\text{course_id}} (\sigma_{\text{semester} = \text{"Fall"} \wedge \text{year} = 2017} (\text{section}))$

$\Pi_{\text{course_id}} (\sigma_{\text{semester} = \text{"Spring"} \wedge \text{year} = 2018} (\text{section}))$

course_id
CS-347
PHY-101

→ Comme pour l'opération d'UNION, nous devons veiller à ce que des différences préétablies soient prises entre des relations compatibles.



L'opération d'affectation



Algèbre relationnelle

Affectation ←

L'opération d'affectation : ←

- Il est parfois utile d'écrire une expression d'algèbre relationnelle en **affectant** des parties de celle-ci à des variables de **relation temporaires**.
- L'opération d'affectation, notée ←
 - fonctionne comme l'affectation dans un langage de programmation.

Exemple:

considérons la requête pour trouver des cours qui se déroulent à l'automne 2017 ainsi qu'au printemps 2018.

Nous pourrions l'écrire comme:

$\text{Courses_fall_2017} \leftarrow \Pi_{\text{course_id}}(\sigma_{\text{semester}=\text{"Fall"} \wedge \text{year}=2017}(\text{section}))$

$\text{Courses_spring_2018} \leftarrow \Pi_{\text{course_id}}(\sigma_{\text{semester}=\text{"Spring"} \wedge \text{year}=2018}(\text{section}))$

→ $\text{Courses_fall_2017} \cap \text{courses_spring_2018}$



Algèbre relationnelle

Affectation ←

■ L'opération d'affectation : ←

- Les 2 premières lignes affectent le résultat de la requête à une **relation temporaire**.
- La dernière ligne affiche le résultat de la requête.
- L'évaluation d'une affectation n'entraîne aucune relation affichée pour l'utilisateur.
- Pourquoi utiliser l'opération d'affectation??
 - une requête peut être écrite sous la forme d'un programme séquentiel composé d'une série d'affectations suivie d'une expression dont la valeur est affichée comme résultat de la requête.
- Pour les requêtes d'algèbre relationnelle, l'affectation doit toujours être faite à une variable de relation temporaire.



Algèbre relationnelle

Affectation ←

- L'opération d'affectation : ← (fin)
 - Les affectations aux relations permanentes constituent une modification de la base de données.
 - Notez que l'opération d'affectation ne fournit pas de puissance supplémentaire à l'algèbre !!!
 - Il s'agit cependant d'un moyen pratique d'exprimer des requêtes complexes.



Rename operator ρ



Algèbre relationnelle rename operator, ρ

- L'opération Rename/ rename operator, ρ
 - l'opérateur de rename, désigné par la lettre grecque minuscule rho (ρ).
 - Contrairement aux relations dans la base de données, les résultats des expressions d'algèbre relationnelle **n'ont pas de nom** que nous pouvons utiliser pour y faire référence.
 - Étant donné une expression d'algèbre relationnelle E
 - l'expression $\rho_x(E)$:
 - renvoie le résultat de l'expression E **sous le nom** x

DB & AR

57

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle rename operator, ρ

- L'opération Rename/ rename operator, ρ
 - Une relation r en elle-même est considérée comme une expression (triviale) d'algèbre relationnelle.
 - Ainsi, nous pouvons également appliquer l'opération de **changement de nom** à une relation r pour obtenir la même relation **sous un nouveau nom**.
 - Certaines requêtes nécessitent que **la même relation soit utilisée plusieurs fois dans la requête**:
 - dans de tels cas, l'opération rename peut être utilisée pour donner **des noms uniques aux différentes occurrences** de la même relation.

DB & AR

58

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle rename operator, ρ

- L'opération Rename/ rename operator, ρ
- Deuxième forme de rename:
 - Expression $\rho_x (A1, A2, \dots, An) (E) = ?$
 - renvoie le résultat de l'expression E sous le nom x et avec les attributs renommés A1, A2, ..., An.
 - Utilisation ??
 - Peut être utilisée pour donner des noms aux attributs dans les résultats des opérations d'algèbre relationnelle qui impliquent des expressions sur les attributs.



Algèbre relationnelle rename operator, ρ

- L'opération Rename/ rename operator, ρ
- Deuxième forme de rename – Exemple
 - «Trouvez l'ID et le nom des instructeurs qui gagnent plus que l'enseignant dont l'ID est 12121.»
 - Donc il faut Comparer le salaire de chaque instructeur avec le salaire de l'instructeur avec l'ID 12121.
 - La difficulté ici est que nous voulons référencer une fois la relation d'instructeur pour obtenir le salaire de chaque instructeur puis une deuxième fois pour obtenir le salaire de l'instructeur 12121; et nous voulons faire tout cela en une seule expression ☺
 - L'opérateur RENAME nous permet de le faire en utilisant des noms différents pour chaque référencement de la relation d'instructeur.
 - Exemple de Solution:
 - utiliserons le nom i pour faire référence à notre analyse de la relation d'instructeur dans laquelle nous recherchons ceux qui feront partie de la réponse,
 - et le nom w pour nous référer à l'analyse de la relation d'instructeur pour obtenir le salaire de l'instructeur 12121



Algèbre relationnelle rename operator, ρ

- L'opération Rename/ rename operator, ρ
 - Deuxième forme de rename – Exemple suite
 - «Trouvez l'ID et le nom des instructeurs qui gagnent plus que l'enseignant dont l'ID est 12121»

$\Pi_{i.ID, i.name}((\sigma_{i.salary > w.salary}(\rho_i(\text{instructor}) \times \sigma_{w.id=12121}(\rho_w(\text{instructor}))))))$



Complex Queries



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes

- Des requêtes plus compliquées peuvent nécessiter l'utilisation des commandes SELECT, PROJECT et JOIN.
- Exemple:
 - Supposons que nous voulons trouver les classes et les notes de l'étudiante Ann Chin. Comment répondre à cette demande?
 - Nous remarquons que la table Student contient le nom de l'élève, mais pas les classes ou les notes, tandis que la table Enroll contient les classes et les notes, mais pas le nom.
 - Il faut utiliser plusieurs tables pour répondre à cette requête → **BESOIN de JOIN**.
 - Si le résultat ne doit contenir que certaines colonnes des tables d'origine → **BESOIN de PROJECT**.
 - Si toutes les lignes ne seront pas utilisées → **BESOIN de SELECT**.



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes - Exemple

- Pour décider quelles **opérations faire et dans quel ordre**, examinez les tables pour voir comment vous répondriez «à la main» à la question, puis essayez de formuler les opérations requises en termes de commandes d'algèbre relationnelle.
- 1. Pour trouver les classes et les notes pour Ann Chin, nous commençons par la table Student et localisons l'enregistrement pour Ann Chin → **opération SELECT**
- 2. Nous consultons ensuite la table Enroll, recherchons les enregistrements avec stuld qui correspond au stuld d'Ann Chin → **opération JOIN**
- 3. et lisons uniquement les valeurs classNo et grade → **opération PROJECT**



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes – Exemple (suite)

1. SELECT Student WHERE **lastName='Chin'** AND **firstName='Ann'** GIVING Temp1

2. Temp1 JOIN Enroll GIVING Temp2

3. PROJECT Temp2 OVER (**classNo, grade**) GIVING Answer

Symboliquement:

$\Pi_{\text{classNo, grade}}((\sigma_{\text{lastName='Chin'} \wedge \text{firstName='Ann'}}(\text{Student})) \bowtie \text{Enroll})$

DB & AR

65

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes – Exemple (suite)

➤ SELECT

Temp1:

stuId	lastName	firstName	major	credits
S1002	Chin	Ann	Math	36

➤ JOIN

Temp2:

stuId	lastName	firstName	major	credits	classNo	grade
S1002	Chin	Ann	Math	36	ART103A	D
S1002	Chin	Ann	Math	36	CSC201A	F
S1002	Chin	Ann	Math	36	MTH103C	B

➤ PROJECT

Answer:

classNo	grade
CSC201A	F
ART103A	D
MTH103C	B

DB & AR

66

©Boulaalam/SMBA University



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes – Exemple (suite)

- Tout ce dont nous avons vraiment besoin de Temp1 était la colonne stuld:
 - car elle a été utilisée pour la comparaison de la jointure, et aucune des autres colonnes n'a été utilisée plus tard.
- Par conséquent nous aurions pu utiliser un PROJECT sur Temp1 pour nous donner uniquement la colonne stuld avant de faire le JOIN:
- Version améliorée

$\Pi_{\text{classNo, grade}}(\Pi_{\text{stuld}}(\sigma_{\text{lastName}='Chin' \wedge \text{firstName}='Ann'}(\text{Student})) \bowtie \text{Enroll})$



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes – Exemple (fin)

- Une troisième façon de faire la requête:

1. Student JOIN Enroll GIVING Tempa

2. SELECT Tempa WHERE lastName='Chin' AND firstName = 'Ann'
GIVING Tempb

3. PROJECT Tempb OVER (classNo, grade)



$\Pi_{\text{classNo, grade}}(\sigma_{\text{lastName}='Chin' \wedge \text{firstName}='Ann'}(\text{Student} \bowtie \text{Enroll}))$

Cette méthode est moins efficace, car la première ligne nécessite 54 comparaisons pour former une table jointe, une opération relativement lente. Faire la sélection réduit d'abord le nombre de comparaisons à neuf, optimisant ainsi la requête.



Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes – Exemple (suite)

- Nous pouvons faire **des jointures de tables jointes**.
- Exemple:
 - demande:
 - « trouver les identifiants de tous les étudiants dans les classes du professeur Adams »
 - Nous avons besoin des données des tables Faculty, Class, et Enroll pour répondre à cette requête.

Proposition 1:

```
SELECT Faculty WHERE name = 'Adams' GIVING Temp1
Temp1 JOIN Class GIVING Temp2
Temp2 JOIN Enroll GIVING Temp3
PROJECT Temp3 OVER stuId GIVING Result
```

Ou symboliquement:

$$\Pi_{stuId}(((\sigma_{name='Adams'}(Faculty)) \bowtie Class) \bowtie Enroll)$$


Algèbre relationnelle

Requêtes complexes - Complex Queries

■ Requêtes complexes (fin)

- Nous pouvons faire **des jointures de tables jointes**.
- Exemple précédent (fin)
 - **Autres Propositions:**
 - Dans la proposition 1, Temp2 a 7 colonnes et Temp3 a 9 colonnes.
 - Puisqu'une seule des colonnes Faculty, facId, est utilisée pour la jointure et qu'aucune de ses autres colonnes n'est nécessaire plus tard
 - ➔ Nous pourrions faire un PROJET avant la première JOIN.
 - ➔ Alternativement, comme une seule colonne de Temp2, classNo, est nécessaire pour la jointure et qu'aucune de ses autres colonnes n'est utilisée à nouveau
 - nous pourrions faire un PROJET entre les deux JOINS.



Les vues - Views



Algèbre relationnelle Les vues - Views

■ Les vues - Views

- Tables de la BD =
 - Les tables réelles du schéma d'une base de données relationnelle, les tables de niveau logique.
- Dans l'architecture standard à trois niveaux, le niveau supérieur se compose de vues externes.
- Une vue externe est la structure de la base de données telle qu'elle apparaît à un utilisateur particulier.
- Dans le modèle relationnel, le mot vue a une signification légèrement différente.



Algèbre relationnelle

Les vues - Views

■ Les vues - Views

- Plutôt que d'être l'intégralité du modèle externe d'un utilisateur:
 - une vue est soit un sous-ensemble d'une table de base ou
 - d'une table virtuelle, qui n'existe pas réellement mais peut être construite en effectuant des opérations telles que la sélection d'algèbre relationnelle, la projection ou la jointure d'autres calculs sur les valeurs des tables de base.
 - Ainsi, un modèle externe peut être composé à la fois de tables de base réelles et de vues dérivées de tables.

```
PersonalStu(stuId, lastName, firstName, ssn)  
AcademicStu(stuId, major, credits)
```



Fin Partie 2 – Algèbre relationnelle
Fin Cours 2