

Plan du document

- **Modèle relationnel** slide 37
 - Notion de domaine
 - Produit cartésien
 - Relation
 - Attribut
 - Clé
 - Schéma de relation et de BD
 - Clé étrangère
 - Métabase
- **Opérateurs de l'Algèbre Relationnelle** slide 50
- **Exemples de requêtes** slide 67
- **Optimisation** slide 72
- **Et moi, que dois-je faire ?** slide 81

Notion de domaine

- **Définition**
 - Ensemble de valeurs
- **Exemples**
 - Entier, réel, chaîne de caractères, booléen
 - Salaire = 1000...100000 (€)
 - Couleur = {'rosé', 'blanc', 'rouge'}

Produit cartésien

■ Définition

- Le produit cartésien de D_1, \dots, D_n est l'ensemble des n-uplets (tuples) $\langle V_1, \dots, V_n \rangle$ tel que $V_i \in D_i$

■ Notation

- $D_1 \times \dots \times D_n$

■ Exemple :

- $D_1 = \{ 'BD', 'IO' \}$ (codeUV)
- $D_2 = \{ 'Lecocq', 'Conan' \}$ (coord)

$D_1 \times D_2$	D_1	D_2
	BD	Lecocq
	BD	Conan
	IO	Lecocq
	IO	Conan

Relation

■ Définition

- Sous-ensemble du produit cartésien d'une liste de domaines
- Caractérisée par un nom

■ Exemple

- $D_1 = \text{codeUV}$
- $D_2 = \text{coord}$
- $D_3 = \text{entiers de 0 à 150}$
- $UV \subseteq D_1 \times D_2 \times D_3$

UV	D_1	D_3	D_2
IO	45		Conan
BD	21		Lecocq

Relation (2)

- Plus simplement, une relation est un **tableau à deux dimensions**

- Une **ligne** est un *n-uplet* ou *tuple*

- Nom associé à chaque **colonne** afin de la repérer indépendamment de l'ordre = *attribut*

- Prend ses valeurs dans un *domaine*
- Exemple : codeUV prend ses valeurs dans D_1

UV	codeUV	nbH	coord
	IO	45	Conan
	BD	21	Lecocq

Exemples de relations

Étudiant	num	nom	adresse	age
	1	Bélaïd	Maisel	20
	2	Millot	CROUS	20
	3	Silber	Maisel	21

UV	codeUV	nbH	coord
	IO	45	Conan
	BD	21	Lecocq

Inscrit	numÉtudiant	codeUV	note
	2	BD	10
	1	BD	20
	2	IO	17
	3	IO	18

Clé

■ Définition

- Une **clé** est un groupe minimum d'attributs qui détermine un n-uplet unique dans une relation (à tout instant)

■ Exemple

- Clé de Étudiant ?
- Clé de UV ?
- Clé de Inscrit ?

■ Contrainte d'intégrité



- Toute **relation doit posséder une clé** renseignée (sans valeur inconnue)

Schéma de relation

■ Définition

- Le schéma d'une relation décrit :
 - Son nom
 - La liste des attributs qu'elle comporte et des domaines associés
 - La liste des attributs composant la clé (la clé est soulignée)

■ Exemple

- Étudiant(num : entier, nom : chaîne, adresse : chaîne, age : entier de 18 à 35)

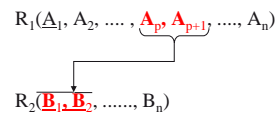
■ Intention vs. Extension

- Schéma de relation : intention de la relation
- Table : extension
- Schéma d'une BD relationnelle : ensemble des schémas des relations

Clé étrangère

■ Définition

- Une **clé étrangère** est un groupe d'attributs qui apparaît comme clé dans une autre relation



■ Rôle

- Les clés étrangères définissent des **contraintes d'intégrité référentielle** entre relations

Clé étrangère (2)

■ Mises à jour et clés étrangères

- Insertion : la valeur des attributs doit exister dans la relation référencée.
 - Insertion de (4, 'BD', 15) dans Inscrit ?
- Suppression dans la relation référencée; les n-uplets référençant doivent disparaître.
 - Suppression de l'étudiant 2 dans Étudiant ?

Clé étrangère

■ Exemples

Étudiant(num, nom, adresse, age)

UV(codeUV, nbH, coord)

Inscrit(numÉtudiant, codeUV, note)

Livre(côte, titre, numÉtudiant, datePrêt)

Chambre(no, prix, numÉtudiant)

Métabase

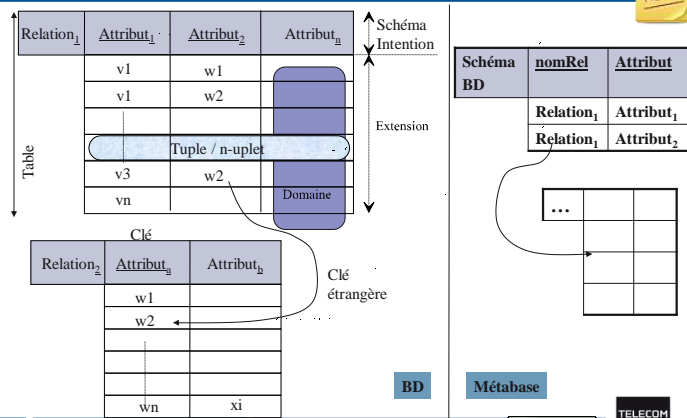
■ Définition

- Base de données contenant l'ensemble des schémas et des règles de correspondances associées à une base de données

■ Principe

- Une base décrivant les autres bases, c'est-à-dire :
 - les relations
 - les attributs
 - les domaines
 - les clés
- Notion de dictionnaire de données
- Base particulière, système, gérée par l'administrateur de BD

Résumé des notions



Plan du document

■ Modèle relationnel

■ Opérateurs de l'Algèbre Relationnelle

- Langages associés au modèle relationnel
- Opérateurs de l'algèbre relationnelle
 - Restriction
 - Projection
 - Union
 - Intersection
 - Différence
 - Produit cartésien
 - Jointure
 - Division

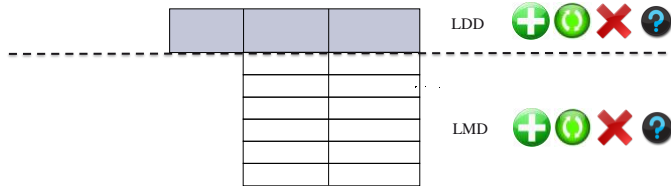
■ Exemples de requêtes

■ Optimisation

■ Et moi que dois-je faire ?

Langages associés au modèle relationnel

- **Langages de Définition de Données (LDD)**
 - Définition /mise à jour des schémas des relations
- **Langages de manipulation de données (LMD)**
 - Interrogation : recherche de données
 - Mises à jour : insertion, suppression, modification



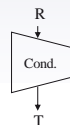
Opérateurs de manipulation

- Tout **résultat** d'une opération est une **relation**
 - ⇒ peut être réutilisée en entrée d'un nouvel opérateur
 - ⇒ composer les opérateurs
- **Bon niveau de réflexion**
 - Faire un programme = élaborer un algorithme puis le traduire dans un langage de programmation
 - Faire une requête = élaborer une composition d'opérateurs algébriques puis la traduire en SQL
- **Les opérateurs peuvent être classifiés en :**
 - opérateurs ensemblistes / opérateurs relationnels
 - opérateurs de base / opérateurs dérivés
 - opérateurs unaires / opérateurs binaires
 - Unaires : sélection (restriction), projection,
 - Binaires : union, intersection, différence, produit cartésien, jointure, division

Restriction



- **But**
 - Permet de "sélectionner" des tuples
 - Réduit la taille de la relation verticalement
- **Contraintes**
 - Unaire
 - Spécifier une condition
- **Notation**
 - Notation textuelle : $T \leftarrow \sigma_{cond}(R)$
 - Notation graphique :



Inscrits en BD : $\sigma_{codeUV=BD}$ (Inscrit)

Resu	numÉtudiant	codeUV	note
	2	BD	10
	1	BD	20

Bons étudiants (note > 15) de BD : $\sigma_{codeUV=BD \text{ et note } > 15}$ (Inscrit)

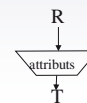
Resu	numÉtudiant	codeUV	note
	1	BD	20

Valeur des chaînes de caractères délimitées par des "

Projection



- **But**
 - Permet de "sélectionner" des attributs
 - La projection réduit la taille de la relation horizontalement
- **Contraintes**
 - Unaire
 - Spécifier une liste d'attributs
- **Notation**
 - Notation textuelle : $T \leftarrow \Pi_{attributs}(R)$
 - Notation graphique :



Adresses des étudiants : $\Pi_{adresse}(\text{Étudiant})$

Resu	adresse
	*Maisel
	CROUS

Pas de doublon

Codes et nb heures des UV : $\Pi_{codeUV, nbH}(UV)$

Resu	code	nbh
	IO	45
	BD	21

Union



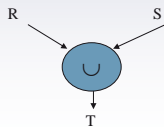
- But**
 - Permet de fusionner 2 relations

Contraintes

- Binaire
- Même schéma** ⚠

Notation

- Notation textuelle : $T \leftarrow R \cup S$
- Notation graphique :



Noms des profs, des étudiants

Prof	nom	Étudiant2	nom
	Conan		Bélaïd
	Lecocq		Millot
	Millot		Silber

Noms des personnes à TSP+TEM : Prof ∪ Étudiant2

Resu	nom
	Conan
	Lecocq
	Millot
	Bélaïd
	Silber

Pas de doublon

Intersection



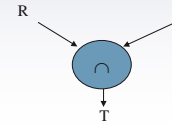
- But**
 - Permet d'obtenir l'ensemble des tuples appartenant à deux relations

Contraintes

- Binaire
- Même schéma** ⚠

Notation

- Notation textuelle : $T \leftarrow R \cap S$
- Notation graphique :



Noms des profs, des étudiants

Prof	nom	Étudiant2	nom
	Conan		Bélaïd
	Lecocq		Millot
	Millot		Silber

Noms communs étudiants-profs : Prof ∩ Étudiant2

Resu	nom
	Millot

Différence



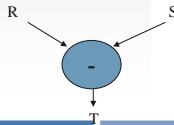
- But**
 - Obtenir l'ensemble des tuples d'une relation qui ne figurent pas dans une autre

Contraintes

- Binaire
- Même schéma** ⚠
- Non commutatif

Notation

- Notation textuelle : $T \leftarrow R - S$
- Notation graphique :



Noms des profs, des étudiants

Prof	nom	Étudiant2	nom
	Conan		Bélaïd
	Lecocq		Millot
	Millot		Silber

Noms des étudiants qui ne portent pas le nom d'un prof : Étudiant2-Prof

Résu	nom
	Bélaïd
	Silber

Produit cartésien



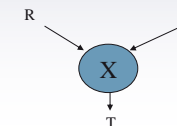
- But**
 - Ensemble de tous les tuples obtenus par concaténation de chaque tuple de R avec chaque tuple de S

Contraintes

- Binaire
- Schéma du résultat:
 - $R(a_1, a_2, \dots, a_n), S(b_1, b_2, \dots, b_p)$
 - $T \leftarrow R \times S, T(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_p)$
 - $\text{Card}(R \times S) = \text{Card}(R) * \text{Card}(S)$

Notation

- Notation textuelle : $T \leftarrow R \times S$
- Notation graphique :



Produit cartésien (2)

Étudiant	num	nom	adresse	age	UV	code	nbH	coord
	1	Bélaïd	Maisel	20		IO	45	Conan
	2	Millot	CROUS	20		BD	21	Lecocq
	3	Silber	Maisel	21				

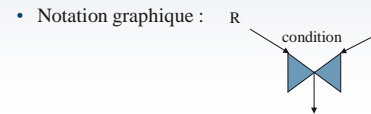
Étudiant X UV	num	nom	adresse	age	code	nbH	coord
	1	Bélaïd	Maisel	20	IO	45	Conan
	2	Millot	CROUS	20	IO	45	Conan
	3	Silber	Maisel	21	IO	45	Conan
	1	Bélaïd	Maisel	20	BD	21	Lecocq
	2	Millot	CROUS	20	BD	21	Lecocq
	3	Silber	Maisel	21	BD	21	Lecocq

Jointure



- **But**
 - Permet d'établir le lien **sémantique** entre les relations
- **Contraintes**
 - Binaire
 - Schéma du résultat :
 - $R(a_1, a_2, \dots, a_p), S(b_1, b_2, \dots, b_p)$
 - $T \leftarrow R \bowtie S \quad T(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_p)$

- **Notation**
 - Notation textuelle : $T \leftarrow R \bowtie_{condition} S$



1^{er} exemple de jointure

Étudiant	num	nom	adresse	age	Chambre	no	prix	numÉtudiant
	1	Bélaïd	Maisel	20		10	200	3
	2	Millot	CROUS	20		21	150	2
	3	Silber	Maisel	21				

Étudiant.num=Chambre.numÉtudiant

Étudiant X Chambre	num	nom	adresse	age	no	prix	numÉtudiant
	2	Millot	CROUS	20	21	150	2
	3	Silber	Maisel	21	10	200	3

- 1 tuple de Chambre → 1 tuple de résultat
- 1 tuple de Étudiant → 0 ou 1 tuple de résultat
 - On a perdu Bélaïd !

2^{ème} exemple de jointure

Inscrit	numÉtudiant	codeUV	note	Étudiant	num	nom	adresse	age
	2	BD	10		1	Bélaïd	Maisel	20
	1	BD	20		2	Millot	CROUS	20
	2	IO	17		3	Silber	Maisel	21
	3	IO	18					

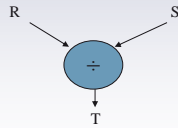
Inscrit.numÉtudiant=Étudiant.num

Inscrit X Étudiant	num	nom	adresse	age	numÉtudiant	codeUV	note
	1	Bélaïd	Maisel	20	1	BD	20
	2	Millot	CROUS	20	2	IO	17
	2	Millot	CROUS	20	2	BD	10
	3	Silber	Maisel	21	3	IO	18

- 1 tuple de Inscrit → 1 tuple de résultat
- 1 tuple de Étudiant → 0 à n tuples de résultat
 - On a dupliqué Millot !

Division

- **But**
 - Répondre aux requêtes de type « tous les »
 - Un tuple t est dans T si et seulement si pour tout tuple s de S, le tuple <t,s> est dans R
- **Contraintes**
 - Binaire
 - Schéma du résultat
 - $R(a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_p), S(b_1, b_2, \dots, b_p)$
 - $T \leftarrow R \div S, T(a_1, a_2, \dots, a_n)$
- **Notation**
 - Notation textuelle : $T \leftarrow R \div S$
 - Notation graphique :
- **Dérivation**
 - Projection + Produit cartésien + Différence.
 - $R \div S \leftarrow T_1 - T_2$ avec:
 - $T_1 \leftarrow \Pi_{\text{schéma}(R) - \text{schéma}(S)}(R)$
 - $T_2 \leftarrow \Pi_{\text{schéma}(R) - \text{schéma}(S)}((\Pi_{\text{schéma}(R)}(R) \times S) - R)$



Exemple de division

Quels sont les étudiants inscrits à toutes les UVs ?

- **Exemple**
 - Construire R : ensemble de toutes les informations dont on a besoin = attributs numÉtudiant et codeUV de Inscrit (R)
 - Construire S : ensemble correspondant à « tous les » après le verbe, ici UV, et rien qu'à cet ensemble => codeUV (S)
 - Résultat $\leftarrow R \div S$
 - Vérification :
 - Résultat $\times S \subseteq R$

• $R \leftarrow \Pi_{\text{numÉtudiant, codeUV}}(\text{Inscrit})$

R	numÉtudiant	codeUV
	2	BD
	1	BD
	2	IO
	3	IO

• $S \leftarrow \Pi_{\text{code}}(\text{UV})$

S	codeUV
	BD
	IO

• Résultat

Resu	numÉtudiant
	2

Bilan : sémantique et notations des opérateurs

NOTE

Opérateur	Sémantique	Notation textuelle	Notation graphique
Restriction	« Sélectionner » des tuples	$T \leftarrow \sigma_{\text{cond}}(R)$	
Projection	« Sélectionner » des attributs	$T \leftarrow \Pi_{\text{attributs}}(R)$	
Union	Fusionner les extensions de 2 relations	$T \leftarrow R \cup S$	
Intersection	Obtenir l'ensemble des tuples communs à deux relations	$T \leftarrow R \cap S$	
Différence	Tuples d'une relation qui ne figurent pas dans une autre	$T \leftarrow R - S$	
Produit cartésien	Concaténer chaque tuple de R avec chaque tuple de S	$T \leftarrow R \times S$	
Jointure	Etablir le lien sémantique entre les relations	$T \leftarrow R \bowtie_{\text{condition}} S$	
Division	Répondre aux requêtes de type « tous les »	$T \leftarrow R \div S$	

Bilan : contraintes des opérateurs

NOTE

Opérateur	Unaire/Binaire	Schémas	« Paramètres »
Restriction $T \leftarrow \sigma_{\text{cond}}(R)$	Unaire	Schéma(T) = Schéma(R)	Condition sur attributs de R
Projection $T \leftarrow \Pi_{\text{attributs}}(R)$	Unaire	Schéma(T) \subseteq Schéma(R)	Liste d'attributs de R
Union $T \leftarrow R \cup S$	Binaire	Schéma(R) = Schéma(S) = Schéma(T)	
Intersection $T \leftarrow R \cap S$	Binaire	Schéma(R) = Schéma(S) = Schéma(T)	
Différence $T \leftarrow R - S$	Binaire	Schéma(R) = Schéma(S) = Schéma(T)	
Produit cartésien $T \leftarrow R \times S$	Binaire	Schéma(T) = Schéma(S) \cup Schéma(R)	
Jointure $T \leftarrow R \bowtie_{\text{condition}} S$	Binaire	Schéma(T) = Schéma(S) \cup Schéma(R)	Condition de jointure sur attributs de R et S
Division $T \leftarrow R \div S$	Binaire	Schéma(R) = Schéma(S) + Schéma(T)	

Plan du document

- Modèle relationnel
- Opérateurs de l'Algèbre Relationnelle
- Exemples de requêtes
- Optimisation
- Et moi que dois-je faire ?

Page 67

Département INFormatique



Exemples

Exemples de requêtes en algèbre relationnelle

■ Base de données exemple : les vins

Vins(<u>num</u> , cru, annee, degre)	V
Recoltes(<u>nvin</u> , <u>nprod</u> , quantite)	R
Producteurs(<u>num</u> , nom, prenom, region)	P
Clients(<u>num</u> , nom, prenom, ville)	Cl
Commandes(<u>ncde</u> , date, ncli, nvin, qte)	C
Livraisons(<u>ncde</u> , <u>no_ordre</u> , qteLivree)	L

☞ Quels « liens » entre ces informations ?

Page 68

Département INFormatique



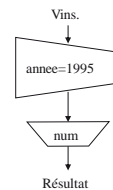
Composition des opérateurs

■ Ecriture textuelle :

$$\begin{cases} \text{Temp} \leftarrow \sigma_{\text{annee}=1995}(\text{Vins}) \\ \text{Resultat} \leftarrow \Pi_{\text{num}}(\text{Temp}) \\ \text{Resultat} \leftarrow \Pi_{\text{num}}(\sigma_{\text{annee}=1995}(\text{Vins})) \end{cases}$$

■ Arbre algébrique :

☞ A quelle requête répond-on ?



Page 69

Département INFormatique



Exemples

Noms des producteurs de Muscadet

Page 70

Département INFormatique



Numéros des vins ne faisant l'objet d'aucune commande

Exemples

Plan du document

- Modèle relationnel
- Opérateurs de l'Algèbre Relationnelle
- Exemples de requêtes
- **Optimisation**
- Et moi que dois-je faire ?

Page 71

Département INFormatique



Page 72

Département INFormatique



Optimisation

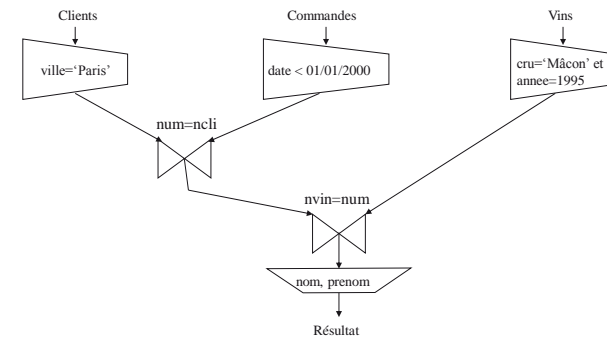
Optimisation

■ Noms et prénoms des clients habitant Paris ayant commandé du Mâcon 1995 avant le 01 janvier 2000

- Plusieurs réponses possibles
- Optimiser = choisir la meilleure combinaison
 - Les bons opérateurs
 - Dans le meilleur ordre

Réponse 1

Optimisation



Page 73

Département INFormatique

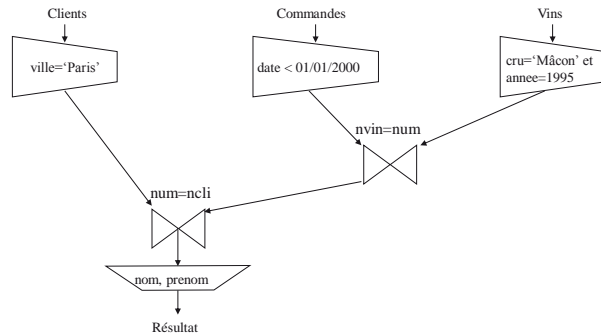


Page 74

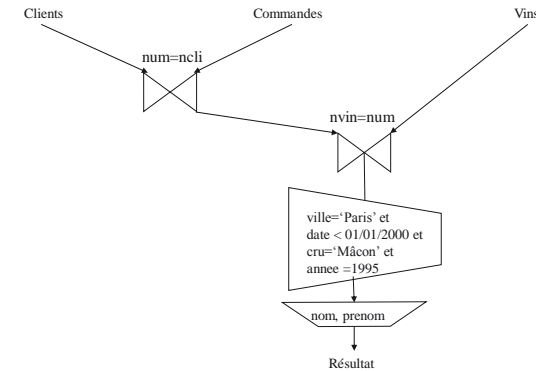
Département INFormatique



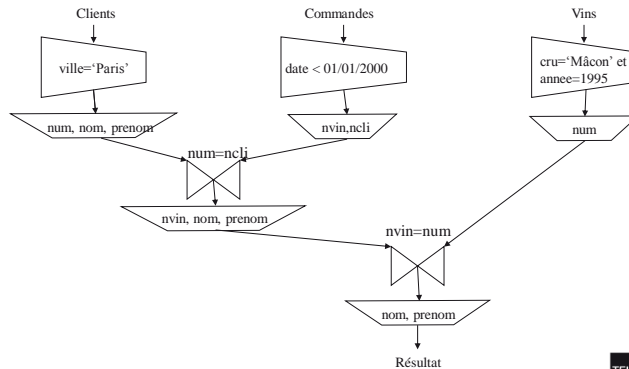
Réponse 2



Réponse 3



Réponse 4



Optimisation par le SGBD

■ Optimiser

- Le nombre d'E/S
- Le temps UC
- ...

■ Facteurs déterminants

- Ordre d'exécution des opérations algébriques
- Algorithme implantant les opérations algébriques
- Placement des données sur le disque
- Taille des relations intermédiaires
- Statistiques d'exécution ...

Restructuration

- **Heuristique la plus employée**
 - Remonter les opérateurs unaires (restriction, projection) => diminution de la taille des relations
 - Descendre les jointures
- **Propriétés utilisées**
 - Associativité des jointures
 - Commutativité restriction / projection
 - Commutativité restriction / jointure
 - Commutativité projection / jointure

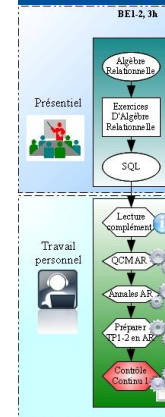
Quelle répartition des responsabilités ?

- **Libérer l'utilisateur des problèmes d'optimisation**
 - Exprimer une question sans préciser l'enchaînement des opérations algébriques
 - → langage non procédural
 - → langage **déclaratif**
- **Responsabilités du SGBD**
 - Traduction sous la forme d'un arbre algébrique
 - Optimisation de l'arbre
 - Exécution de l'arbre optimisé

Plan du document

- **Modèle relationnel**
- **Opérateurs de l'Algèbre Relationnelle**
- **Exemples de requêtes**
- **Optimisation**
- **Et moi que dois-je faire ?**

Et moi que dois-je faire ?



- **Relire les transparents**
- **Lire la documentation complémentaire :**
 - Notre cours rédigé : <http://www-inf-it-sudparis.eu/COURS/bd/?idr=36>
 - Cours rédigé de Télécom ParisTech : <http://perso.telecom-paristech.fr/~talel/cours/inf225/wwwbd/polyv7/chap3.htm>, partie III.2
 - Cours rédigé de l'IMAG : <http://www-lsr.imag.fr/Les.Personnes/Herve.Martin/HTML/ModeleRelationneL.htm#modrel> partie 3
- **Faire le QCM lié à ce cours sur moodle**
- **Pratiquer**
 - ⇨ faire les exercices d'algèbre relationnelle en ligne
 - ⇨ faire les questions d'algèbre relationnelle dans les annales
- **Faire le contrôle continu 1, à rendre en début de TP1-2**