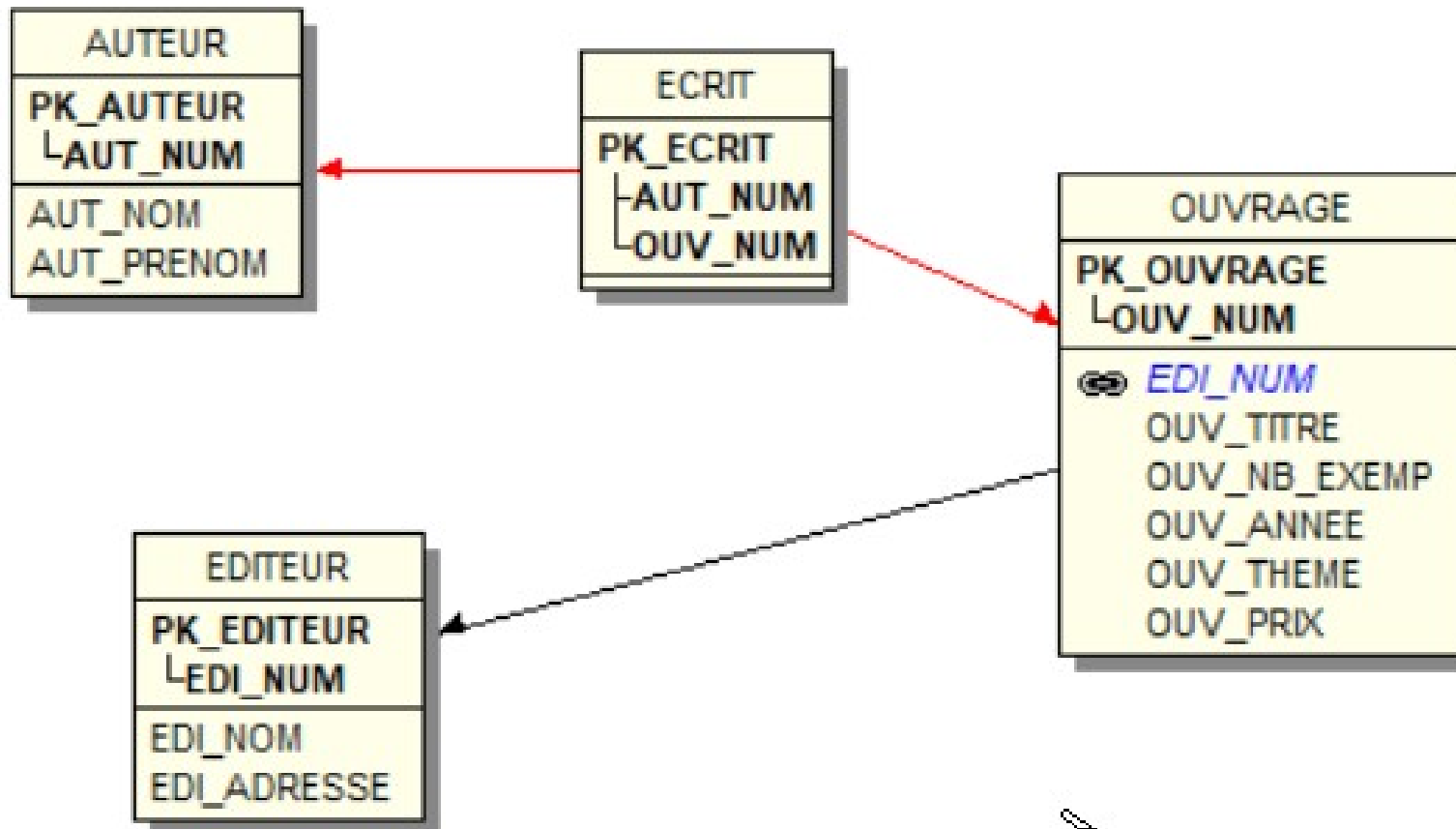


Le modèle relationnel



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



E.Porcq : Cours BDD (R2.06)
IUT CAEN : Département Informatique
Année universitaire : 2023-2024
Sources :
<http://public.enst-bretagne.fr/~kermarre/>

Le modèle relationnel

Sommaire

1) Description du modèle relationnel

- 1-1) Généralités
- 1-2) Concepts du modèle
- 1-3) Notion de clé primaire
- 1-4) Schéma d'une table
- 1-5) Problèmes de redondance
- 1-6) Élimination des redondances
- 1-7) Notion de clé étrangère
- 1-8) Contraintes d'intégrités
- 1-9) Schéma d'une base de données
- 1-10) Remarques

2) Algèbre Relationnelle

- 2-1) Opérateurs unaires (affectation, restriction, projection)
- 2-2) Opérateurs binaires de même schéma (union, intersection, différence)
- 2-3) Opérateurs binaires ayant un schéma différent (produit cartésien, jointures, division)
- 2-4) Les agrégats

3) Composition d'opérations

Le modèle relationnel

Généralités

1-1) Description du modèle relationnel : généralités

Notions de modèle de données :

- Un modèle est un ensemble d'outils utilisés pour décrire et manipuler des données

Modèle relationnel :

- Créé par CODD (69/70)
- La **majorité** des SGBD actuels sont basés sur ce modèle
- Les données sont organisées sous forme de **tables** à deux dimensions, une table correspondant à une relation.
- Les données sont manipulées par des opérateurs de **l'algèbre relationnelle**
- L'état de la base est défini par un ensemble de contraintes d'intégrité

Normalisation :

- Au modèle relationnel est associé la théorie de la normalisation des relations qui permet de se débarrasser des incohérences au moment de la conception d'une base de données.

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-2) Description du modèle relationnel : Concepts du modèle

Table (relation) : Vision tabulaire du relationnel

- ♦ les données sont représentées dans un tableau
- ♦ la table OUVRAGE par exemple donne les caractéristiques d'un ouvrage
- ♦ Elle possède 7 colonnes (propriétés, attributs)

OUVRAGE

ouv_num	ouv_titre	ouv_editeur	ouv_annee	ouv_nb_exempl	ouv_theme	ouv_s_theme
13G01	PHP 5 avancé	Eyrolles	2012	5	Informatique	WEB
08G25	Concevoir et programmer en C++	Ellipse	2012	3	Informatique	programmation
03B54	Oracle 11g - Administration	ENI	2008	4012	Informatique	BDD
10C89	Eye of the trigger	IUT CAEN	2014	583000	Informatique	BDD
25BF0	On a marché sur le SQL	IUT CAEN	2013	84	Informatique	philosophie
01ZZKC	Access Avancé	Biblio. Rose	2000	1	Humour	Informatique
01ZNUL	Access pour les gros nuls	Lafaillite	2001	1	Informatique	6-10 ans
01ZZKZ	BDD avec Access	Lafaillite	2002	1	Science fiction	Informatique

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-2) Description du modèle relationnel : Concepts du modèle

Attribut : nom donnée à une **colonne** ou **propriété** d'une table


- ◆ Exemple : ouv_num, ouv_titre, ouv_editeur, etc...
- ◆ Prend ses valeurs dans un domaine

Tuple (ou n-uplet) : nom donné à une **ligne** comportant des valeurs saisies.
On parle aussi d'enregistrement.

- ◆ Cardinalité : nombre de lignes de la relation. Exemple la cardinalité dans OUVRAGE est 8
- ◆ L'ordre des lignes et des colonnes n'est pas significatif
- ◆ Pas de lignes **identiques**
- ◆ Une cellule possède une et une seule **valeur**

Domaine : ensemble de **valeurs possibles** prises par les attributs

- ◆ Exemples : Entier, réel, chaînes de caractères, Euro
- ◆ Salaire = {500..100 000}
- ◆ Couleur_Primaire = {**rouge**, **blanc**, **rosé**}



ouv_num	ouv_titre	ouv_editeur	ouv_annee	ouv_nb_exem	ouv_theme	ouv_s_theme
25BF0	On a marché sur le SQL	IUT CAEN	2013	84	Informatique	philosophie
01ZZKC	Access Avancé	Biblio. Rose	2000	1	Humour	Informatique
01ZZKZ	BDD avec Access	Lafaillite	2002	1	Science fiction	Informatique

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-2) Description du modèle relationnel : Produit cartésien

Le produit cartésien de n domaines D_1, D_2, \dots, D_n noté $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$ est l'ensemble des n -uplets ou tuples (v_1, v_2, \dots, v_n) tels que $v_1 \in D_1, v_2 \in D_2, \dots, v_n \in D_n$.

Exemples :

- ◆ Soit $D_1 = \{\text{'bouteille'}, \text{'magnum'}\}$ et $D_2 = \{\text{'rouge'}, \text{'blanc'}, \text{'rosé'}\}$
- ◆ $D_1 \times D_2 = \{(\text{'bouteille'}, \text{'rouge'}), (\text{'bouteille'}, \text{'blanc'}), (\text{'bouteille'}, \text{'rosé'}), (\text{'magnum'}, \text{'rouge'}), (\text{'magnum'}, \text{'blanc'}), (\text{'magnum'}, \text{'rosé'})\}$

Une relation est donc un sous-ensemble du produit cartésien d'une liste de domaines

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-3) Description du modèle relationnel : notion de clé primaire

Clé primaire : Groupe d'attributs minimum qui **détermine** un enregistrement d'une manière **unique** dans la table.

Exemple de clés :

- ♦ Le numéro de la sécurité sociale, le numéro d'étudiant.
- ♦ La clé de la table OUVRAGE est l'attribut ouv_num, car il permet de déterminer de façon unique une ligne de la table.
- ♦ Numéro, rue, ville et code postal
- ♦ ...

ATTENTION : la clé se détermine par rapport à toutes les valeurs possibles de l'attribut (ou les attributs) formant la clé primaire, et surtout pas par rapport aux valeurs déjà saisies.

Remarque : Pour respecter la première forme normale, toute table doit obligatoirement avoir une clé primaire (mais celle-ci peut être composée de **plusieurs** attributs)

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-4) Description du modèle relationnel : schéma d'une table

Le schéma d'une table, appelé aussi le **schéma en intention**, comporte le nom de la relation, ses attributs, [le format], la clé primaire, [les clés étrangères].

- La clé primaire est souvent soulignée (et/ou mise en gras). Avec Windesign, on la nomme ainsi PK_<nom de la table>

Exemple :

- le schéma en intention de la table OUVRAGE est :

OUVRAGE (ouv_num : texte, ouv_titre : texte, ouv_editeur : te:
ouv_nb_exemp : numérique, ouv_annee : date, ouv_theme : texte,
ouv_s_theme : texte)

OUVRAGE
PK_OUVRAGE
<u>LOUV_NUM</u>
OUV_TITRE
OUV_EDITEUR
OUV_ANNEE
OUV_NB_EXEMP
OUV_THEME
OUV_S_THEME

- Le schéma en extension montre la projection de toutes les données. Exemple :

13G01	PHP 5 avancé	Eyrolles	2012	5	Informatique	WEB
08G25	Concevoir et programmer en C++	Ellipse	2012	3	Informatique	programmation
03B54	Oracle 11g - Administration	ENI	2008	4012	Informatique	BDD
10C89	Eye of the trigger	IUT CAEN	2014	583000	Informatique	BDD
25BF0	On a marché sur le SQL	IUT CAEN	2013	84	Informatique	philosophie
01ZZKC	Access Avancé	Biblio. Rose	2000	1	Humour	Informatique
01ZNUL	Access pour les gros nuls	Lafaillite	2001	1	Informatique	6-10 ans
01ZZKZ	BDD avec Access	Lafaillite	2002	1	Science fiction	Informatique

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-5) Description du modèle relationnel : Problèmes de redondance

La redondance = **répétition** des informations

- ♦ Un des objectifs des SGBD est (de nous permettre) de représenter les données avec le moins de **redondance** possible.
- ♦ Ce qui demeure un inconvénient au niveau modélisation peut présenter parfois un avantage en terme de performances ou de souplesse (au niveau LMD)

Pour chaque ouvrage nous désirons avoir ses auteurs dans la base. Ceci nous amène à créer un attribut supplémentaire : Auteur. Or un ouvrage peut avoir plusieurs auteurs. Nous sommes donc obligés de créer des lignes supplémentaires (une pour chaque auteur). --> apparition de redondance (et d'un problème de clé).

ouv_num	ouv_titre	ouv_editeur	ouv_annee	ouv_nb_exemp	ouv_theme	ouv_auteur
10C89	Eye of the trigger	IUT CAEN	2014	583000	Informatique	Didier Super
10C89	Eye of the trigger	IUT CAEN	2014	583000	Informatique	Steven Supormoi

Comment éliminer ces redondances ?

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-6) Description du modèle relationnel : Élimination des redondances

Pour éliminer les répétitions, nous allons dans un premier temps construire une table auteur comportant tous les auteurs.

La table auteur est décrite par AUTEUR (aut_num, aut_nom, aut_prenom). Nous avons ajouté l'attribut aut_num pour représenter la clé. aut_num est un numéro qui peut être donné automatiquement par le SGBD.

Dans la table OUVRAGE, nous pouvons remplacer chaque nom d'auteur par son **numéro**.

ouv_num	ouv_titre	ouv_editeur	ouv_annee	ouv_nb_exemp	ouv_theme	ouv_auteur
10C89	Eye of the trigger	IUT CAEN	2014	583000	Informatique	45
10C89	Eye of the trigger	IUT CAEN	2014	583000	Informatique	22

Cette représentation nous permet effectivement de réduire la table OUVRAGE, il n'y a que le numéro de l'auteur au lieu du nom et du prénom, mais il y a toujours des redondances et un problème d'identifiant dupliqué. La redondance provient du fait qu'**un ouvrage peut avoir plusieurs auteurs**.

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-6) Description du modèle relationnel : Élimination des redondances

Pour éliminer ces redondances, nous allons construire une table ECRIT qui permet de relier les ouvrages et leurs auteurs.

Rappelons qu'un des intérêts d'un SGBDR est sa possibilité de créer des liens entre les objets.

Le schéma de la table ECRIT est : ECRIT (ouv_num, aut_num). Il suffit donc de prendre les clés primaires des tables OUVRAGE et AUTEUR et former une nouvelle table, en l'occurrence ECRIT.

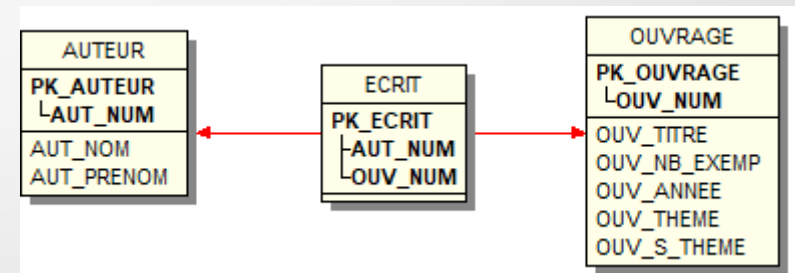
La base de données décrivant les ouvrages sera composée des tables suivantes :

AUTEUR (aut_num, aut_nom, aut_prenom)

OUVRAGE (ouv_num, ouv_titre, ouv_nb_Exemp, ouv_annee, ouv_editeur, ouv_theme, ouv_s_theme)

ECRIT (ouv_num, aut_num)

A noter que nous avons supprimé l'attribut aut_num de la table OUVRAGE



Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-7) Description du modèle relationnel : Notion de clé étrangère

ouv_num et aut_num de la table ECRIT sont les clés primaires des tables OUV \overline{R} AGE et AUTEUR.

Définition : nous appelons clé **étrangère** tout élément d'une table apparaissant comme clé **primaire** dans une **autre table**.

Exemple :

- ♦ aut_num est une clé étrangère dans le table ECRIT
- ♦ ouv_num est aussi une clé étrangère dans ECRIT

Par convention,

- ♦ une clé étrangère est soulignée en pointillé (et/ou mise en italique) ou précédée du symbole #
- ♦ Windesign dessine un maillon de chaîne quand un attribut n'est que clé étrangère dans une table. **Si cet identifiant appartient aussi à la clé primaire, le maillon n'est pas représenté.**

Attention : on parle parfois de **clé secondaire**. Cette dernière n'a rien à voir avec la notion de clé étrangère. Ce n'est qu'un attribut (ou groupe d'attributs) unique et non nul. Il **aurait** pu servir de clé primaire. On parle aussi de clé **candidate**

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-8) Description du modèle relationnel : contraintes d'intégrité

Un des avantages des bases de données réside dans la possibilité d'intégrer des contraintes que doivent vérifier les données à tout instant.

Exemple : on souhaite poser les contraintes suivantes :

- ♦ Le nombre d'exemplaire de chaque OUVRAGE doit être supérieur à 0 (zéro)
- ♦ Les ouvrages dont le titre contient Access doivent coûter moins de 10€
- ♦ Chaque OUVRAGE doit avoir au moins un auteur
- ♦ etc...

Ceci est possible grâce à la notion de contraintes d'intégrité.

Définition :

- ♦ Des contraintes d'intégrités sont des **assertions** qui doivent être vérifiées à **tout moment** par les données contenues dans la base de données.
- ♦ Cela permet de garder une base **cohérente** avec le cahier des charges
- ♦ On ne peut pas créer une contrainte si la base contient déjà des données non **conformes** à cette contrainte.

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-8) Description du modèle relationnel : contraintes d'intégrité

- Contrainte d'entité : une relation doit posséder une clé primaire. Chaque élément d'une clé primaire ne doit pas posséder de **valeur nulle** (vide).
- Contraintes de référence (clé étrangère), c'est une contrainte exprimée **entre deux tables**. Tout enregistrement d'une relation faisant référence à une autre relation doit se référer à un tuple qui existe. Les seules valeurs que peuvent prendre les attributs de la clé étrangère sont celles qui sont **déjà saisies dans la table référencée**
- Contrainte de domaine : chaque attribut doit prendre une valeur dans le domaine de valeurs autorisées. Exemples :
 - ➔ $ouv_nb_exemp > 0$
 - ➔ $date_fin > date_début$
 - ➔ aut_nom doit être « not null »
 - ➔ ouv_titre doit être « unique »
- Les contraintes d'intégrité sont vérifiées (exécutées) à **chaque** mise à jour de la base de données (ajout, suppression ou modification d'un tuple). Si lors d'une mise à jour une contrainte n'est pas satisfaite, cette mise à jour est **refusée**.

Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-9) Description du modèle relationnel : Schéma d'une base de données

Schéma de la relation AUTEUR

- AUTEUR (aut_num, aut_nom, aut_prenom)

Schéma de la relation EDITEUR

- EDITEUR (edi_num, edi_nom, edi_adresse)

Schéma de la relation OUVRAGE

- OUVRAGE (ouv_num, ouv_titre, ouv_nb_exemp, ouv_annee, #edi_num, ouv_theme, ouv_s_theme)
→ Contrainte de domaine : ouv_nb_exemp > 0

Schéma de la table ECRIT

- ECRIT (#aut_num, #ouv_num)

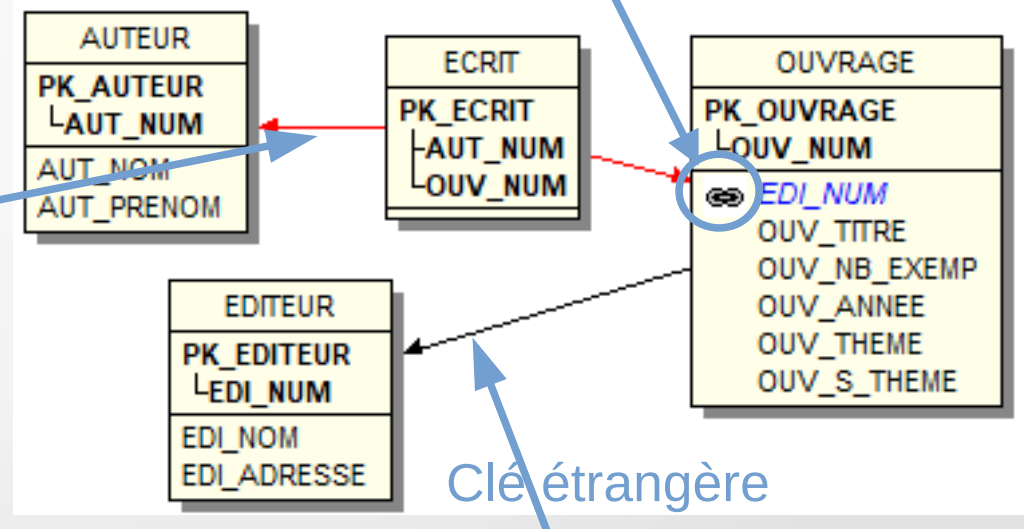
MR: Version graphique

Tout pourri

Clé étrangère

Clé étrangère

MR: Version texte



Le modèle relationnel

Concepts du modèle

1-10) Description du modèle relationnel : Remarques

- Un système est dit **minimalement** relationnel quand :
 - ➔ Toute information dans la base est représentée par des valeurs dans des tables,
 - ➔ Il n'y a pas de pointeurs visibles par l'utilisateur entre les tables
 - ➔ Le système doit supporter au moins les opérateurs relationnels de restriction, projection, jointure naturelle.
- Un système est dit **complètement** relationnel quand :
 - ➔ Il supporte tous les opérateurs de **l'algèbre relationnelle**,
 - ➔ Il supporte la contrainte **d'unicité** de clé d'une relation
 - ➔ Il supporte les contraintes **référentielles** qui permettent de s'assurer que la valeur d'une donnée d'une relation existe dans une autre relation (notion clé étrangère)
- En dépit de sa simplicité et de son élégance le modèle relationnel n'apporte pas une réponse satisfaisante à tous les problèmes des applications . Il faut :
 - ➔ Pouvoir prendre en compte des « objets » structurés ainsi que les opérations qui leur sont associées (base de données orientées objet)
 - ➔ Prendre en compte des données peu structurées : textes, sons, images, graphiques (bases de données multi-média)
 - ➔ Faire le pont avec l'intelligence artificielle afin de pouvoir déduire de nouvelles données à partir de celles existant déjà (bases de données déductives)

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2) Algèbre Relationnelle

SQL est un langage algébrique basé sur l'algèbre relationnelle

- 2-1) Opérateurs unaires
- 2-2) Opérateurs binaires de même schéma
- 2-3) Opérateurs binaires de schémas différents
- 2-4) Les agrégats

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateurs unaires

- ♦ Affectation : opération qui consiste à transférer des tuples d'une table dans une autre table. Cette opération est notée \leftarrow
- ♦ Restriction : Opération qui consiste à supprimer les tuples d'une relation ne satisfaisant pas la condition précisée. Cette opération est notée σ
- ♦ Projection : Opération qui consiste à supprimer des attributs d'une relation et à éliminer les tuples en double apparaissant dans la nouvelle relation. Cette opération est notée π .

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire d'affectation

- ♦ L'affectation permet de sauvegarder le résultat d'une expression de recherche ou bien de renommer une relation et ses attributs.
- ♦ Notation : \leftarrow
- ♦ Représentation graphique : \uparrow
- ♦ Exemple : $S(D,E,F) \leftarrow R$

R	A	B	C
	a	d	1
	b	e	2
	c	f	3

S			

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire d'affectation

- ♦ L'affectation permet de sauvegarder le résultat d'une expression de recherche ou bien de renommer une relation et ses attributs.
- ♦ Notation : \leftarrow
- ♦ Représentation graphique : \uparrow
- ♦ Exemple : $S(D,E,F) \leftarrow R$

R	A	B	C
	a	d	1
	b	e	2
	c	f	3

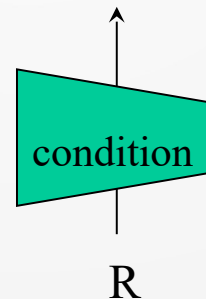
S	D	E	F
	a	d	1
	b	e	2
	c	f	3

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire de restriction

- ♦ Cet opérateur porte sur 1 relation.
- ♦ Il permet de ne retenir que les n-uplets répondant à une condition exprimée à l'aide des opérateurs arithmétiques (=, >, <, >=, <=, <>) ou logiques de base (ET, OU, NON).
- ♦ Il est autorisé d'utiliser les prédicats comme : BETWEEN, IN, LIKE
- ♦ Tous les attributs de la relation sont conservés.
- ♦ Notation : $\sigma_{\text{condition}}(R)$
- ♦ Représentation graphique :



- ♦ EX : $\sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(\text{TDF_COUREUR})$

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire de restriction

- Exemple avec la relation VT_COUREUR

VT_COUREUR				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3185	MORENI	Cristian	ITA	1972
3190	WIGGINS	Bradley	GBR	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

- $R_{14} \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='ESP'}(VT_COUREUR)$

N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire de restriction

- Exemple avec la relation VT_COUREUR

VT_COUREUR				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3185	MORENI	Cristian	ITA	1972
3190	WIGGINS	Bradley	GBR	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

- $R_{14} \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='ESP'} (VT_COUREUR)$

N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006

Le modèle relationnel

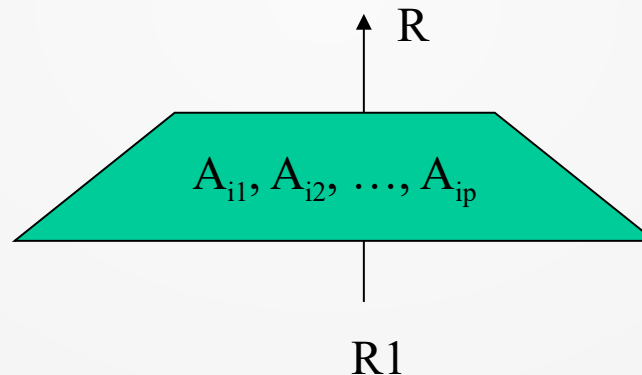
Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire de projection

- ♦ Cet opérateur porte sur 1 relation.
- ♦ Il permet de ne retenir que certains attributs spécifiés d'une relation.
- ♦ On obtient tous les n-uplets de la relation à l'exception des doublons.

Notation : $\mathbf{R} \leftarrow \pi_{A_1, A_2, \dots, A_p} (\mathbf{R1})$

- ♦ Représentation graphique :



- ♦ Exemple : $\pi_{\text{nom}, \text{prenom}} (\text{TDF_COUREUR})$

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire de projection

- Exemple avec la relation VT_COUREUR

VT_COUREUR				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3185	MORENI	Cristian	ITA	1972
3190	WIGGINS	Bradley	GBR	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

- $R4 \leftarrow \pi_{\text{nom, prenom}}(\text{VT_COUREUR})$

R4	
NOM	PRENOM

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-1) Algèbre Relationnelle : Opérateur unaire de projection

- Exemple avec la relation VT_COUREUR

VT_COUREUR				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3185	MORENI	Cristian	ITA	1972
3190	WIGGINS	Bradley	GBR	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

- $R4 \leftarrow \pi_{\text{nom, prenom}}(\text{VT_COUREUR})$

R4	
NOM	PRENOM
COYOT	Arnaud
MORENI	Cristian
WIGGINS	Bradley
MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel
CALVENTE	Manuel
COUTOULY	Cédric

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires de même format

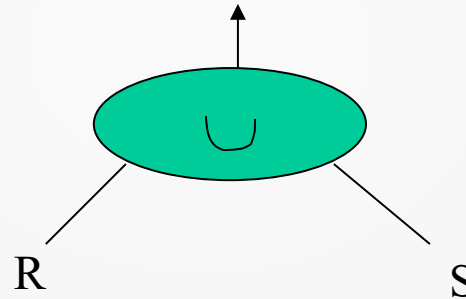
- **Union** : opération portant sur deux relations ayant le même format et construisant une troisième relation constituée des tuples appartenant à **chaque** relation. Les tuples en double sont **éliminés**.
- **Intersection** : Opération portant sur deux relations ayant le même format et construisant une troisième relation dont les tuples sont constitués de ceux appartenant **aux deux relations**.
- **Différence relationnelle** : Opération portant sur deux relations ayant le même format et construisant une troisième relation dont les tuples sont constitués de ceux ne se trouvant que dans la première relation

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'union

- ♦ L'union de deux relations R et S de même schéma est une relation T de même format contenant l'ensemble des tuples appartenant à R, à S ou aux deux.
- ♦ Notation : **$R1 \leftarrow R \cup S$**
- ♦ Représentation graphique :



- ♦ Exemple : $R \leftarrow \pi_{\text{prenom}}(\text{TDF_COUREUR}) \cup \pi_{\text{nom}}(\text{TDF_COUREUR})$

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'union

- Exemple avec la relation VT_COUREUR

VT_COUREUR				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3185	MORENI	Cristian	ITA	1972
3190	WIGGINS	Bradley	GBR	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

- $R5 \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(VT_COUREUR) \cup \sigma_{\text{annee_naissance}=2006}(VT_COUREUR)$

R5				

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'union

- Exemple avec la relation VT_COUREUR

VT_COUREUR				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3185	MORENI	Cristian	ITA	1972
3190	WIGGINS	Bradley	GBR	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

- $R5 \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(VT_COUREUR) \cup \sigma_{\text{annee_naissance}=2006}(VT_COUREUR)$

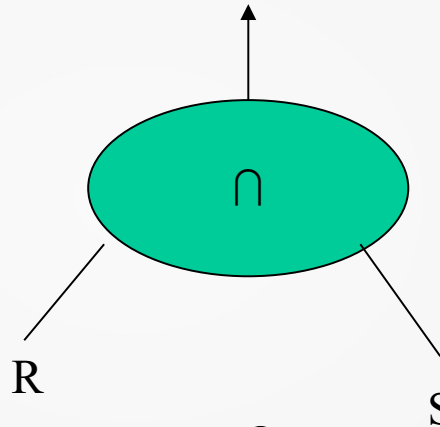
R5				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980
3235	MARTIN PERDIGUERO	Miguel Angel	ESP	2006
3240	CALVENTE	Manuel	ESP	2006
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'intersection

- ♦ L'intersection de deux relations R et S de même format est une relation T de même schéma contenant l'ensemble des tuples appartenant à la fois à R et à S.
- ♦ Notation : **$R1 \leftarrow R \cap S$**
- ♦ Représentation graphique :



- ♦ EX : $R18 \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(VT_COUREUR) \cap \sigma_{\text{annee_naissance}=2006}(VT_COUREUR)$

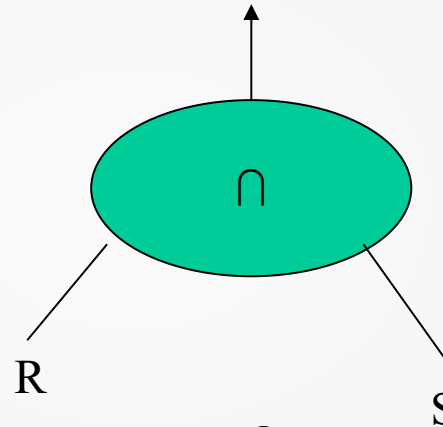
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'intersection

- ♦ L'intersection de deux relations R et S de même format est une relation T de même schéma contenant l'ensemble des tuples appartenant à la fois à R et à S.
- ♦ Notation : **$R1 \leftarrow R \cap S$**
- ♦ Représentation graphique :



- ♦ EX : $R18 \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(\text{VT_COUREUR}) \cap \sigma_{\text{annee_naissance}=2006}(\text{VT_COUREUR})$

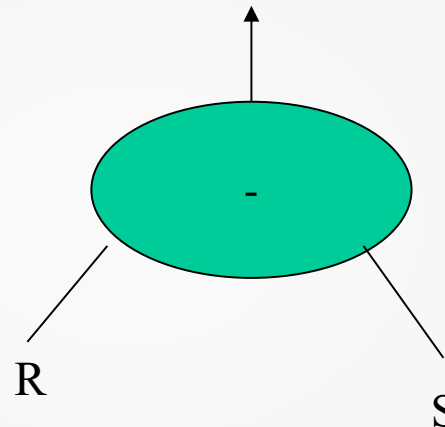
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3245	COUTOULY	Cédric	FRA	2006

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la différence

- ♦ La différence entre deux relations R et S de même format est une relation T de même schéma contenant l'ensemble des tuples appartenant à R et n'appartenant pas à S.
- ♦ Notation : **$R1 \leftarrow R - S$**
- ♦ Représentation graphique :



- ♦ EX : $R12 \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(\text{VT_COUREUR}) - \sigma_{\text{annee_naissance}=2006}(\text{VT_COUREUR})$

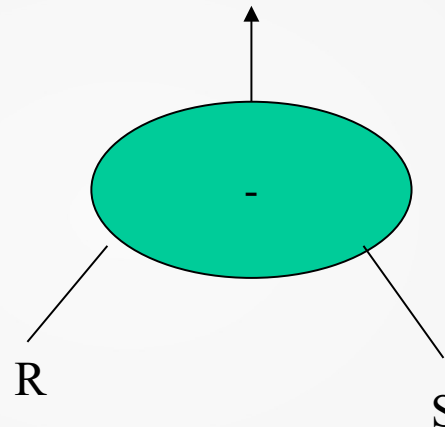
R12				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-2) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la différence

- ♦ La différence entre deux relations R et S de même format est une relation T de même schéma contenant l'ensemble des tuples appartenant à R et n'appartenant pas à S.
- ♦ Notation : **$R1 \leftarrow R - S$**
- ♦ Représentation graphique :



- ♦ EX : $R12 \leftarrow \sigma_{\text{code_tdf}='FRA'}(\text{VT_COUREUR}) - \sigma_{\text{annee_naissance}=2006}(\text{VT_COUREUR})$

R12				
N_COUREUR	NOM	PRENOM	CODE_TDF	ANNEE_NAISSANCE
3180	COYOT	Arnaud	FRA	1980

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : le produit cartésien

- Le produit cartésien de deux relations R et S de formats quelconques est une relation T ayant pour attributs la concaténation des attributs de R et de S et dont les tuples sont constitués de toutes les combinaisons d'un tuple de R à un tuple de S.

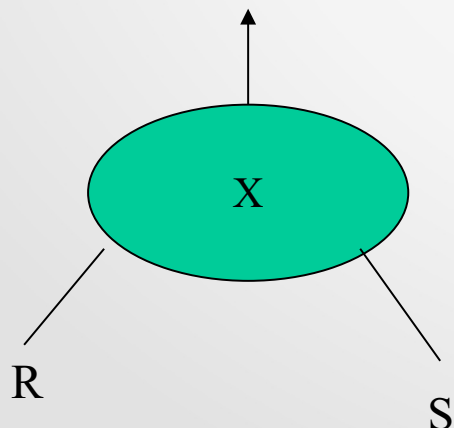
- Notation : $R1 \leftarrow R \times S$

- Représentation graphique : \times

COULEUR PRIMAIRE	
num	libellé
1	Rouge
2	Blanc
3	Rosé

TYPE		
num	libellé	contenance
2	Chopine	0,25
3	Fillette	0,375
4	Bouteille	0,75
5	Magnum	1,5

- EX : $R21 \leftarrow \sigma_{\text{num} < 3}(\text{COULEUR PRIMAIRE}) \times \sigma_{\text{num} \leq 4}(\text{TYPE})$



R21				
num	libellé	num_1	Libellé_1	contenance

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : le produit cartésien

- Le produit cartésien de deux relations R et S de formats quelconques est une relation T ayant pour attributs la concaténation des attributs de R et de S et dont les tuples sont constitués de toutes les combinaisons d'un tuple de R à un tuple de S.

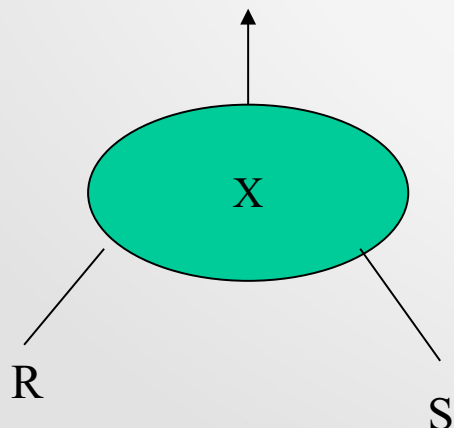
- Notation : $R1 \leftarrow R \times S$

- Représentation graphique : X

COULEUR PRIMAIRE	
num	libellé
1	Rouge
2	Blanc
3	Rosé

TYPE		
num	libellé	contenance
2	Chopine	0,25
3	Fillette	0,375
4	Bouteille	0,75
5	Magnum	1,5

- EX : $R21 \leftarrow \sigma_{\text{num} < 3}(\text{COULEUR PRIMAIRE}) \times \sigma_{\text{num} \leq 4}(\text{TYPE})$



R21				
num	libellé	num_1	Libellé_1	contenance
1	Rouge	2	Chopine	0,25
1	Rouge	3	Fillette	0,375
1	Rouge	4	Bouteille	0,75
2	Blanc	2	Chopine	0,25
2	Blanc	3	Fillette	0,375
2	Blanc	4	Bouteille	0,75

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la thêta jointure

- La θ jointure de deux relations R et S selon une condition C est l'ensemble des tuples du produit cartésien $R \times S$ qui satisfont à la condition C . Il s'agit donc de la restriction selon C de $R \times S$, c'est à dire $\sigma_C (R \times S)$

- Notation : $R14 \leftarrow R \bowtie_c S$

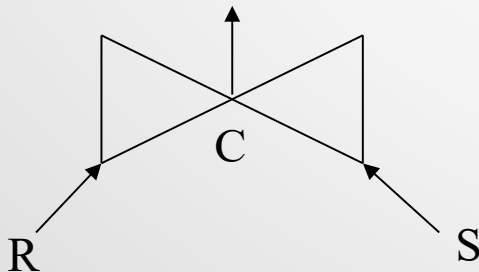
R1		
A	B	C
a	b	c
d	e	f
g	h	i
d	a	f
c	a	f

R2	
D	E
b	g
d	h

EX : $R25 \leftarrow R1 \bowtie_{B < D \wedge A \neq 'c'} R2$

R25				
A	B	C	D	E

- Représentation graphique :



Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la thêta jointure

- La θ jointure de deux relations R et S selon une condition C est l'ensemble des tuples du produit cartésien $R \times S$ qui satisfont à la condition C . Il s'agit donc de la restriction selon C de $R \times S$, c'est à dire $\sigma_C (R \times S)$

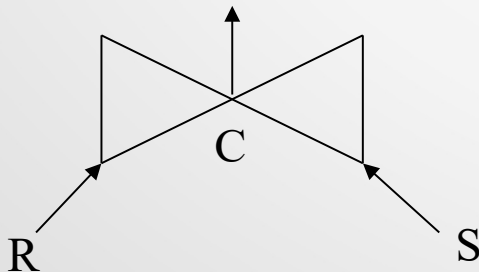
- Notation : $R14 \leftarrow R \bowtie_c S$

R1		
A	B	C
a	b	c
d	e	f
g	h	i
d	a	f
c	a	f

R2	
D	E
b	g
d	h

- EX : $R25 \leftarrow R1 \bowtie_{B < D \wedge A \neq c} R2$

- Représentation graphique :



R25				
A	B	C	D	E
d	a	f	b	g
a	b	c	d	h
d	a	f	d	h

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'équi jointure

- ◆ L'équi-jointure de deux relations R et S est une θ jointure avec pour condition l'égalité entre deux colonnes, c'est-à-dire $R \bowtie_{A_i = B_j} S$ avec A_i et B_j , deux attributs de R et de S respectivement
- ◆ Notation : **R45** \leftarrow **R** \bowtie_{c} **S**

- ◆ EX : $R_{29} \leftarrow R_6 \bowtie_{B=D} R_3$

R6		
A	B	C
a	d	d
b	e	g
c	f	c

R3	
D	E
d	f
b	e

R29				
A	B	C	D	E
A	D	b	D	F

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : l'équi jointure

- ♦ L'équi-jointure de deux relations R et S est une θ jointure avec pour condition l'égalité entre deux colonnes, c'est-à-dire $R \bowtie_{A_i = B_j} S$ avec A_i et B_j , deux attributs de R et de S respectivement
- ♦ Notation : **R45** \leftarrow **R** \bowtie_{c} **S**

- ♦ EX : $R_{29} \leftarrow R_6 \bowtie_{B=D} R_3$

R6		
A	B	C
a	d	d
b	e	g
c	f	c

R3	
D	E
d	f
b	e

R29				
A	B	C	D	E
a	d	d	d	f

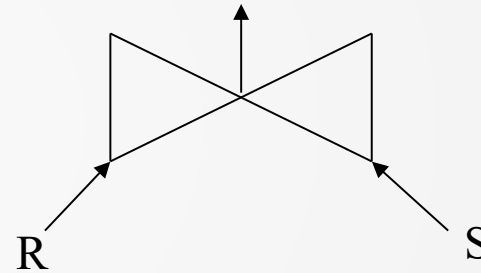
Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la jointure naturelle

- La jointure naturelle de deux relations R et S est une équi-jointure sur tous les attributs de même nom dans R et dans S, suivie de la projection qui permet de ne conserver qu'un seul de ces attributs égaux de même nom.
- Notation : $R \bowtie S$

Représentation graphique :



- EX : $R_{21} \leftarrow R_5 \bowtie R_8$

R5		
A	B	C
a	d	s
b	e	g
c	f	c

R8		
A	B	D
a	d	d
a	d	g
c	f	u

R21			
A	B	C	D
A	D	S	D
A	D	G	G
C	F	C	U

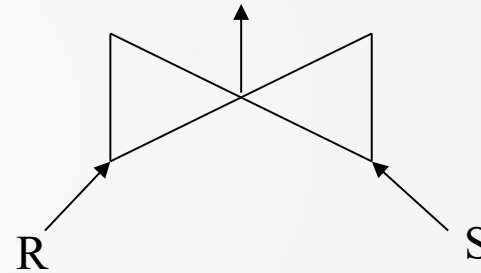
Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la jointure naturelle

- La jointure naturelle de deux relations R et S est une équi-jointure sur tous les attributs de même nom dans R et dans S, suivie de la projection qui permet de ne conserver qu'un seul de ces attributs égaux de même nom.
- Notation : $R \bowtie S$

Représentation graphique :



- EX : $R_{21} \leftarrow R_5 \bowtie R_8$

R5		
A	B	C
a	d	s
b	e	g
c	f	c

R8		
A	B	D
a	d	d
a	d	g
c	f	u

R21			
A	B	C	D
a	d	s	d
a	d	s	g
c	f	c	u

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la jointure externe

- ♦ La jointure externe (**Outer join**) est une jointure dans laquelle tous les tuples d'une des deux tables jointes (R) apparaissent dans le résultat de la jointure (même si les attributs de l'autre table (S) impliqués dans le prédicat de la jointure ne contiennent pas de valeurs correspondantes).
- ♦ Lorsqu'il n'y a pas de correspondance, les valeurs des attributs correspondants à R apparaissent une et une seule fois et les attributs correspondants à ceux de S sont comblés avec la valeur **vide (null)**.
- ♦ Remarque : Les jointures étudiées précédemment peuvent se nommer **jointures internes**.
- ♦ On distingue, la jointure externe à droite, à gauche est complète.

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la jointure externe à gauche

- La jointure externe gauche (left join) est une jointure externe telle que la table pour laquelle tous les tuples apparaissent dans le résultat de la jointure est la table de gauche.
- Il existe également la jointure à droite
- Notation : $R \leftarrow R \bowtie S$

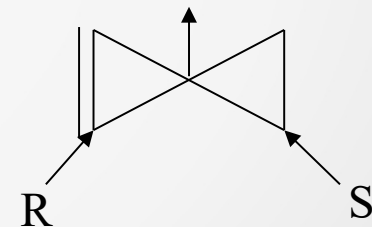
Représentation graphique :

- EX : $R20 \leftarrow R1 \bowtie R5$

R1		
A	B	C
a	b	c
d	b	c
b	b	f
c	a	d

R5		
B	C	D
b	c	d
b	c	e
d	e	j
a	d	b

R20			
A	B	C	D



Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la jointure externe à gauche

- La jointure externe gauche (left join) est une jointure externe telle que la table pour laquelle tous les tuples apparaissent dans le résultat de la jointure est la table de gauche.
- Il existe également la jointure à droite
- Notation : $R \leftarrow R \bowtie S$

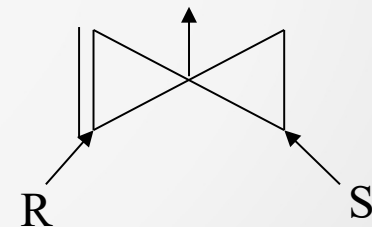
Représentation graphique :

- EX : $R20 \leftarrow R1 \bowtie R5$

R1		
A	B	C
a	b	c
d	b	c
b	b	f
c	a	d

R5		
B	C	D
b	c	d
b	c	e
d	e	j
a	d	b

R20			
A	B	C	D
a	b	c	d
a	b	c	e
d	b	c	d
d	b	c	e
b	b	f	
c	a	d	b



Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la jointure externe complète

- La jointure externe complète est l'union des jointures à gauche et à droite
- Notation : $R \bowtie S$

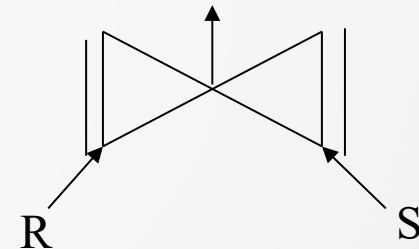
Représentation graphique :

- EX : $R1 \leftarrow R2 \bowtie R3$

R2		
A	B	C
a	b	c
d	b	c
b	b	f
c	a	d

R3		
B	C	D
b	c	d
b	c	e
d	e	j
a	d	b

R1			
A	B	C	D
a	b	c	d
a	b	c	e
d	b	c	d
d	b	c	e
b	b	f	
c	a	d	b
	d	e	j



Le modèle relationnel

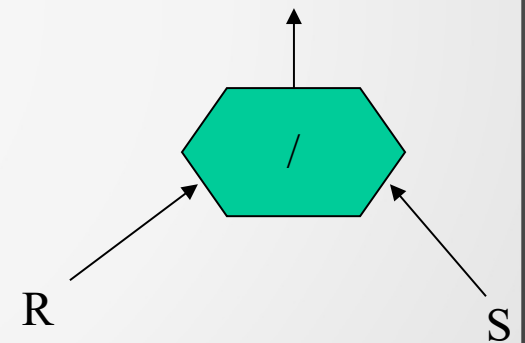
Algèbre relationnelle

2-3) Algèbre Relationnelle : Opérateurs binaires : la division

- La division (ou quotient) de la relation $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ par la (sous-)relation S de schéma $S(A_{p+1}, \dots, A_n)$ est la relation de schéma $T(A_1, A_2, \dots, A_p)$ formée de tous les tuples qui, concaténés à chaque tuple de S , donnent toujours un tuple de R .
- Notation : $T \leftarrow R / S$

Représentation graphique :

PARTICIPER		EPREUVE		PARTICIPER/EPREUVE	
Athlète	Epreuve		Epreuve		Athlète
Dupont	200 m		200 m		Dupont
Durand	400 m		400 m		
Dupont	400 m	110 m H			
Martin	110 m H				
Dupont	110 m H				
Martin	200 m				



"L'athlète Dupont participe à toutes les épreuves"

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-4) Algèbre Relationnelle : Les agrégats

- ♦ Les fonctions statistiques de base
 - ★ Elles portent sur un ou plusieurs groupes de n-uplets et évidemment sur un attribut de type numérique.
 - ★ Somme(attribut) : total des valeurs d'un attribut
 - ★ Moyenne(attribut) : moyenne des valeurs d'un attribut
 - ★ Minimum(attribut) : plus petite valeur d'un attribut
 - ★ Maximum(attribut) : plus grande valeur d'un attribut.
- ♦ La fonction de comptage : Comptage()
 - ★ La fonction de comptage donne le nombre de n-uplets d'un ou de plusieurs groupes de n-uplets. Il n'est donc pas nécessaire de préciser d'attribut.

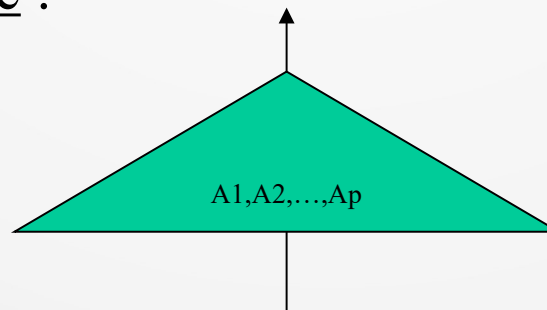
Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-4) Algèbre Relationnelle : Les agrégats

- ♦ Un agrégat est un partitionnement d'une relation selon des valeurs d'attributs, suivi d'un regroupement par une fonction de calcul
- ♦ Notation : **Fonction_d'Agrégat** A_1, A_2, \dots, A_p (R)
- ♦ Exemple: **Compte** A, B, C (R), **Somme** B (R, C)

Représentation graphique :



Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-4) Algèbre Relationnelle : Les agrégats

R	A	B	C
	a	b	10
	d	a	15
	c	b	5
	b	g	8

Compte(R)	Compte

Moyenne(R,C)	Moyenne

Compte _B (R)	B	Compte

Somme _B (R,C)	B	Somme

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-4) Algèbre Relationnelle : Les agrégats

R	A	B	C
	a	b	10
	d	a	15
	c	b	5
	b	g	8

Compte(R)	Compte
	4

Moyenne(R,C)	Moyenne

Compte _B (R)	B	Compte
	b	2
	a	1

Somme _B (R,C)	B	Somme

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

2-4) Algèbre Relationnelle : Les agrégats

R	A	B	C
	a	b	10
	d	a	15
	c	b	5
	b	g	8

Compte(R)	Compte
	4

Moyenne(R,C)	Moyenne
	9,5

Compte _B (R)	B	Compte
	b	2
	a	1
	g	1

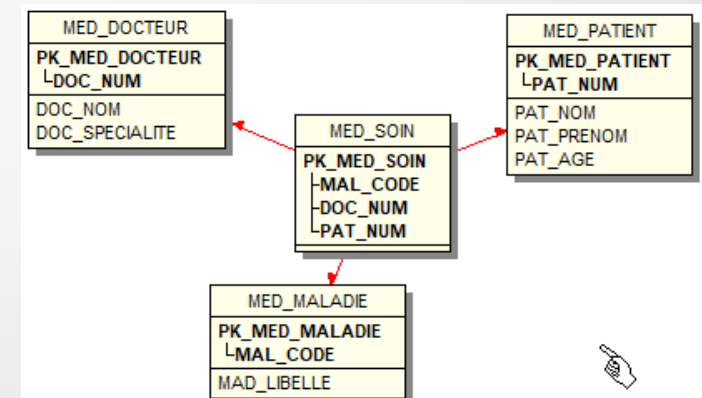
Somme _B (R,C)	B	Somme
	b	15
	a	15
	g	8

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

- ♦ MED_Docteur (docNum, docNom, docSpecialité)
 - contrainte de domaine : docSpecialité appartient à { Chirurgie, pédiatrie, oncérologie, rhumatologie }
- ♦ MED_Maladie (malCode, malLibelle)
- ♦ MED_Patient (patNum, patnom, patPrenom, patAge)
 - contrainte de domaine : patAge > 0 et < 130
- ♦ MED_Soin (#docNum, #patNum, #malCode)
 - Contraintes référentielles :
 - Soin.docNum REFERENCE Docteur.docNum
 - Soin.patNum REFERENCE Patient.patNum
 - Soin.malCode REFERENCE Maladie.malCode



Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle



3) Composition d'opérations

MED_DOCTEUR		
DOC_NUM	DOC_NOM	DOC_SPECIALITE
D1	Petiot	chirurgie
D2	Mabuse	pediatrie
D3	Strange	pediatrie
D4	Frankeinstein	cancerologie
D5	z	rhumatologie
D6	Fuentes	médecine du sport

MED_PATIENT			
PAT_NUM	PAT_NOM	PAT_PRENOM	PAT_AGE
P1	Zappa	Frank	45
P2	Super	Didier	45
P3	Papon	Maurice	75
P4	Durand	Sylvie	25
P5	Super	Robert	27
P6	Virenque	Richard	40
P7	Basso	Ivan	38
P8	Nadal	Sylvian	52

MED_SOIN		
DOC_NUM	PAT_NUM	MAL_CODE
D1	P1	M1
D1	P2	M5
D1	P4	M5
D6	P6	M8
D2	P1	M3
D2	P5	M4
D6	P7	M8
D3	P3	M6
D3	P4	M3
D4	P5	M5
D5	P5	M6
D5	P2	M7

MED_MALADIE	
MAL_COD	MAD_LIBELLE
M1	Hepatite B
M2	Mycose
M3	Covid19
M4	Varicelle
M5	Bobo
M6	Peste
M7	Grippe
M8	Flémingite

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

- 1) Trouver le numéro des docteurs ayant soigné le patient P1 ?
- 2) Quel est le nom des docteurs ayant soigné le patient P5 ?
- 3) Quelle est la liste des numéros de docteurs n'ayant jamais soigné un cas de M1 ou de M3 ?
- 4) Quels sont les (noms des) docteurs et les (noms des) maladies soignées sur des patients de plus de 45 ans ?
- 5) ~~Quels sont les (noms des) patients soignés par tous les docteurs ?~~
- 6) *Ajouter le docteur 'D6' ayant comme nom 'Boeswillwald', spécialiste en musicothérapie.*
- 7) *Supprimer tous les bobos des soins.*
- 8) *Changer la spécialité du docteur D2 en 'neurologue'*

Hors programme

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°1 : Trouver le numéro des docteurs ayant soigné le patient P1 ?

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°1 : Trouver le numéro des docteurs ayant soigné le patient P1 ?

En haut on met les résultats
(projection)

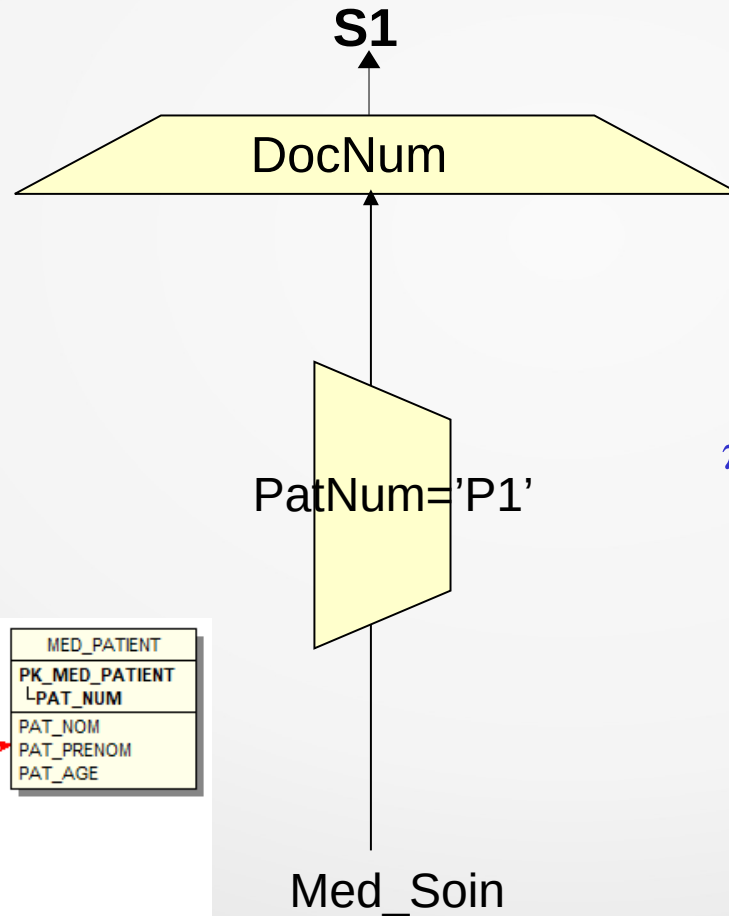
En bas on met les tables

Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

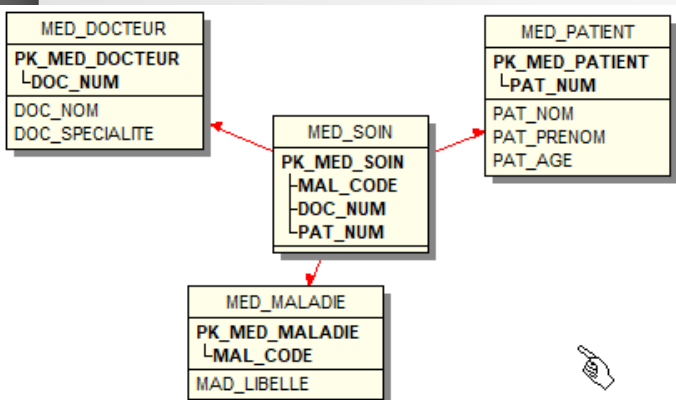
Opération N°1 : Trouver le numéro des docteurs ayant soigné le patient P1 ?



En haut on met les résultats
(projection)

$$\pi_{\text{docNum}} (\sigma_{\text{PatNum}='P1'} (\text{MED_Soin}))$$

En bas on met les tables

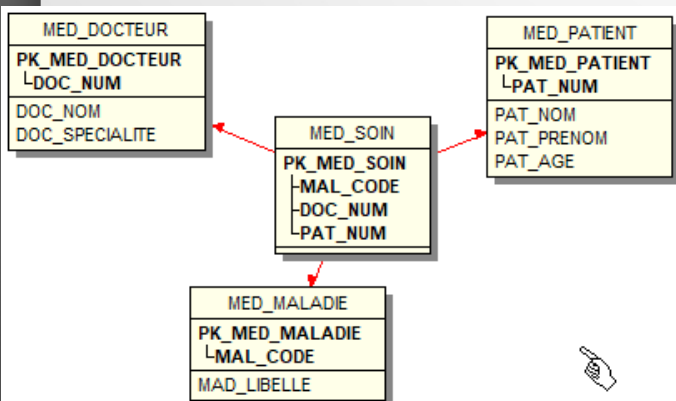


Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°2 : Quel est le nom des docteurs ayant soigné le patient P5 ?



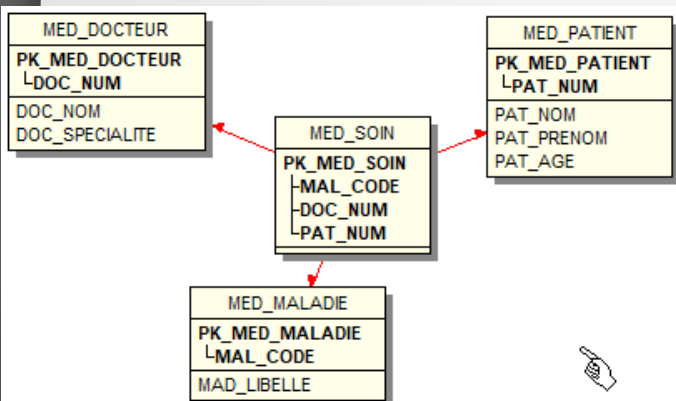
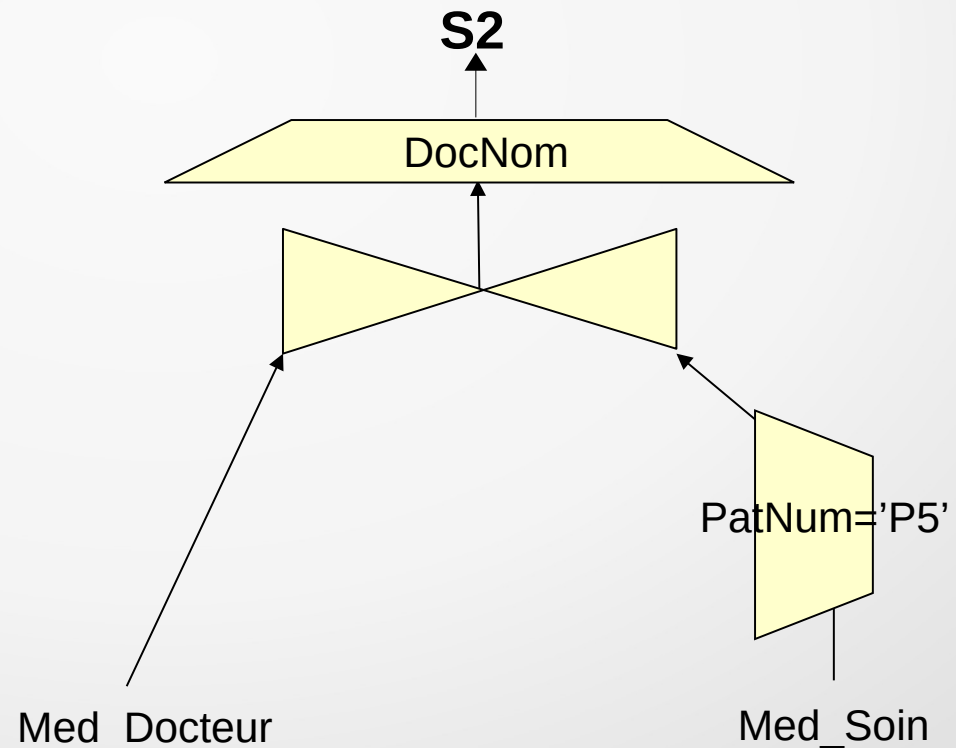
Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°2 : Quel est le nom des docteurs ayant soigné le patient P5 ?

S2: $\pi_{\text{docNom}}(\text{Docteur} \bowtie \sigma_{\text{PatNum}='P5'}(\text{Med_Soin}))$

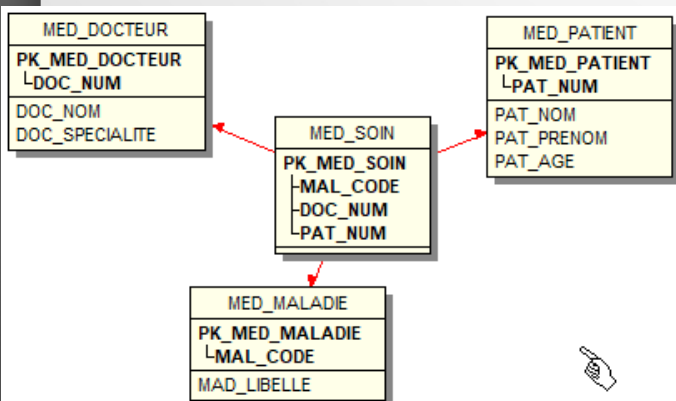


Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°3 : Quelle est la liste des numéros de docteurs n'ayant jamais soigné un cas de M1 ou de M3 ?



Le modèle relationnel

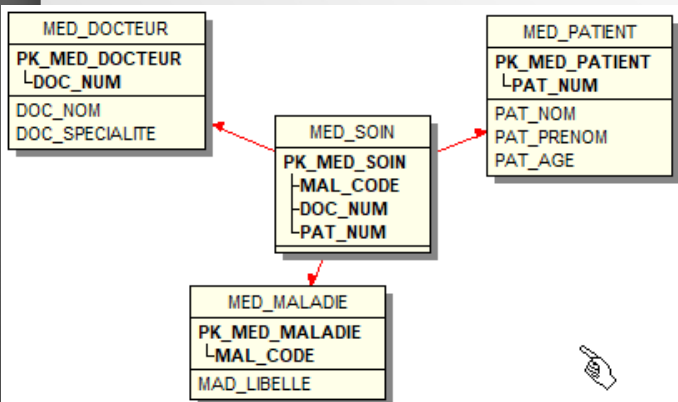
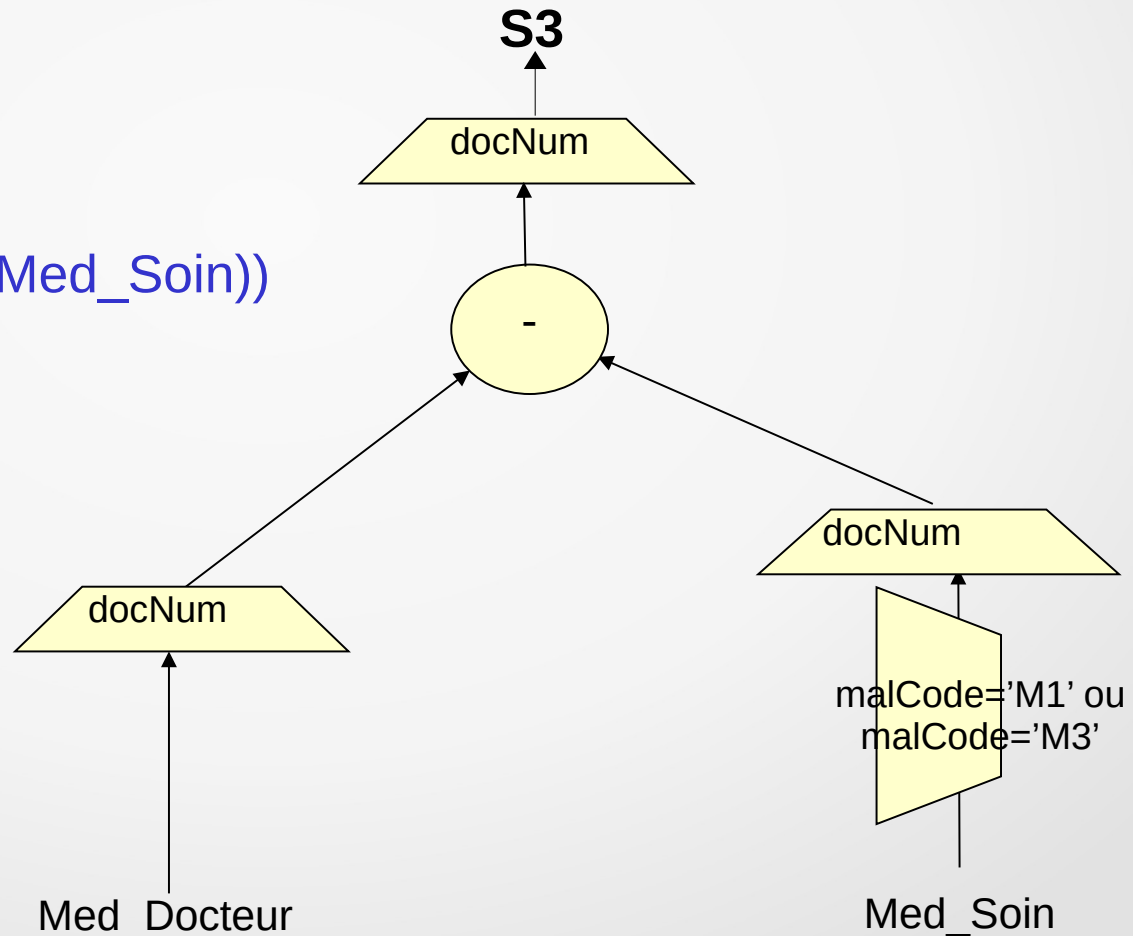
Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°3 : Quelle est la liste des numéros de docteurs n'ayant jamais soigné un cas de M1 ou de M3 ?

$\pi_{\text{docNum}}(\text{Med_Docteur})$

- $\pi_{\text{docNum}}(\sigma_{\text{malCode}='M1' \vee \text{malCode}='M3'}(\text{Med_Soin}))$

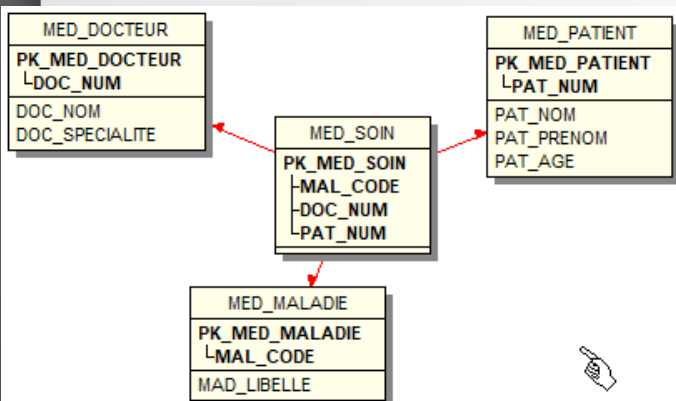


Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°4 : Quels sont les (noms des) docteurs et les (libellés des) maladies soignées sur des patients de plus de 45 ans ?



Le modèle relationnel

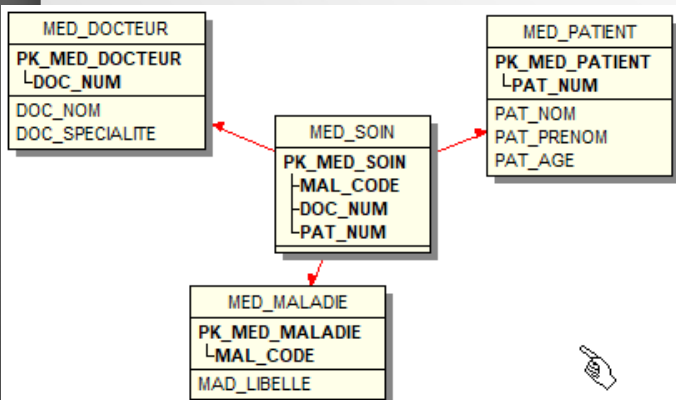
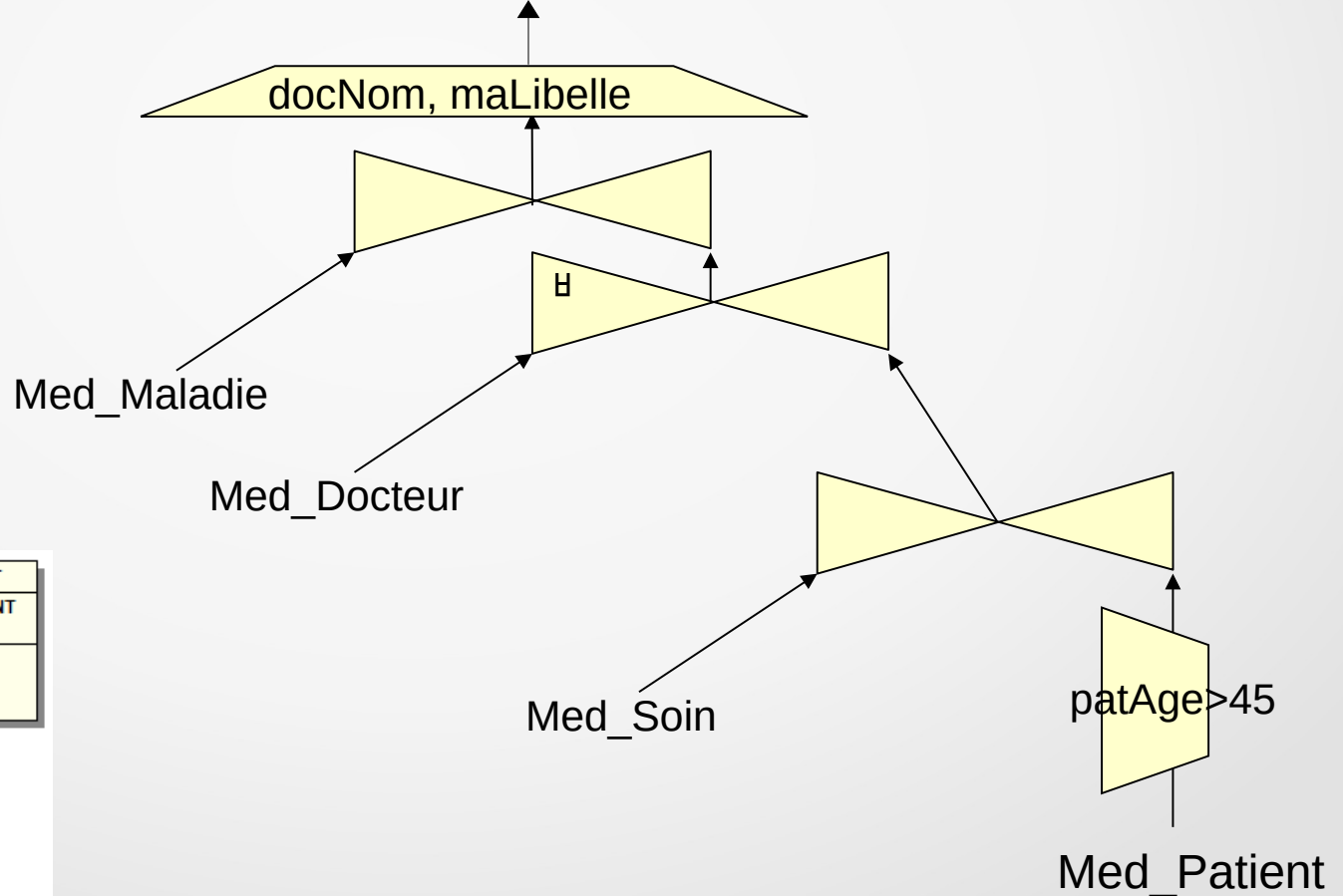
Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°4 : Quels sont les (noms des) docteurs et les (libellés des) maladies soignées sur des patients de plus de 45 ans ?

$\pi_{\text{DocNom, Maladie}}(\text{Maladie} \bowtie \text{Docteur} \bowtie \pi_{\text{DocNum, MalCod}}(\text{Soin} \bowtie \sigma_{\text{Age} > 45}(\text{Patient})))$

S4



Le modèle relationnel

Algèbre relationnelle

3) Composition d'opérations

Opération N°6 : Ajouter le docteur 'D6' ayant comme nom 'Boeswillwald', spécialiste en musicothérapie.

$$\text{Med_Docteur} \leftarrow \text{Med_Docteur} \cup ('D6', 'Boeswillwald', 'musicothérapie')$$

Opération N°7 : Supprimer tous les bobos des soins.

$$\text{Med_Soin} \leftarrow \text{Med_Soin} - (\text{Med_Soin} \bowtie \pi_{\text{malCode}}(\sigma_{\text{maLibelle}='Bobo'}(\text{Med_Maladie})))$$

Opération N°8 : Changer la spécialité du docteur D2 en 'neurologue'.

$$\begin{aligned} \text{Docteur} \leftarrow & (\text{Med_Docteur} - \sigma_{\text{Docnum}='D2'}(\text{Med_Docteur})) \\ & \cup (\pi_{\text{docNum}, \text{docNom}}(\sigma_{\text{docNum}='D2'}(\text{Med_Docteur})) \times (\pi_{\text{docSpecialite} \leftarrow 'Neurologie'}(\text{Med_Docteur}))) \end{aligned}$$