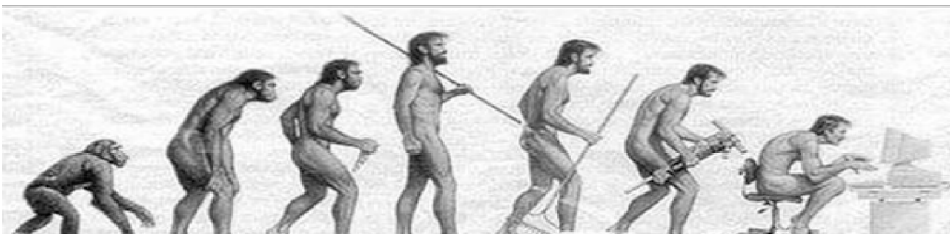


L'ère pré-relationnelle

1

- Un peu d'histoire pour comprendre le présent et se projeter dans le futur
- IMS I (IBM 1965) première version réalisée pour le programme APOLLO : SGBD hiérarchique
- CODASYL (standard DBTG 1971) : SGBD réseau
- Faciliter la navigation dans des fichiers



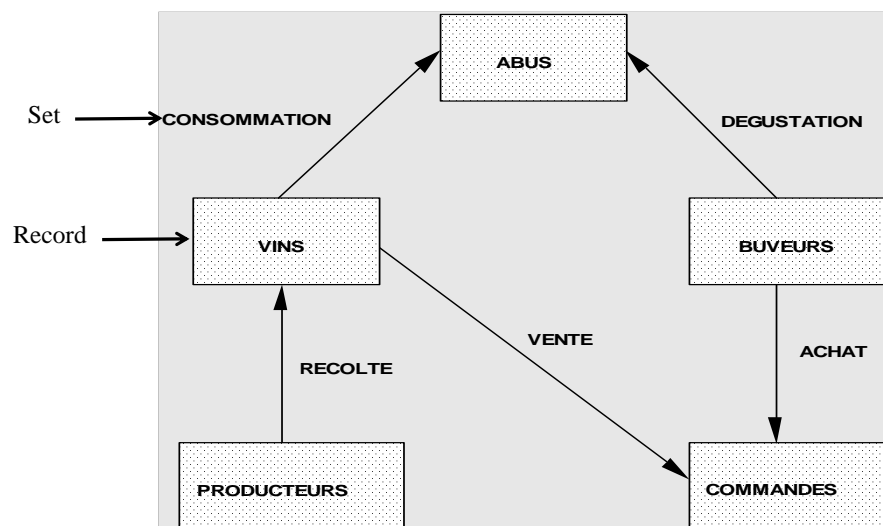
Concepts de base de Codasyl

2

- Record
 - Enregistrement composé d'attributs simples ou composés constituant l'unité d'échange entre la base de données et les applications.
- Set
 - Association 1-N entre des Records de type T1 et des Records de type T2 dans laquelle une occurrence relie un record *propriétaire* de type T1 à n records *membres* de type T2.
- Area
 - Fichiers regroupant des records d'un ou plusieurs types placés de façon à optimiser le parcours des Sets
 - Par proximité : records membres groupés avec leur record propriétaire, dans le même fichier
 - Par homothétie: records membres groupés ensemble par propriétaire, mais dans un fichier différent

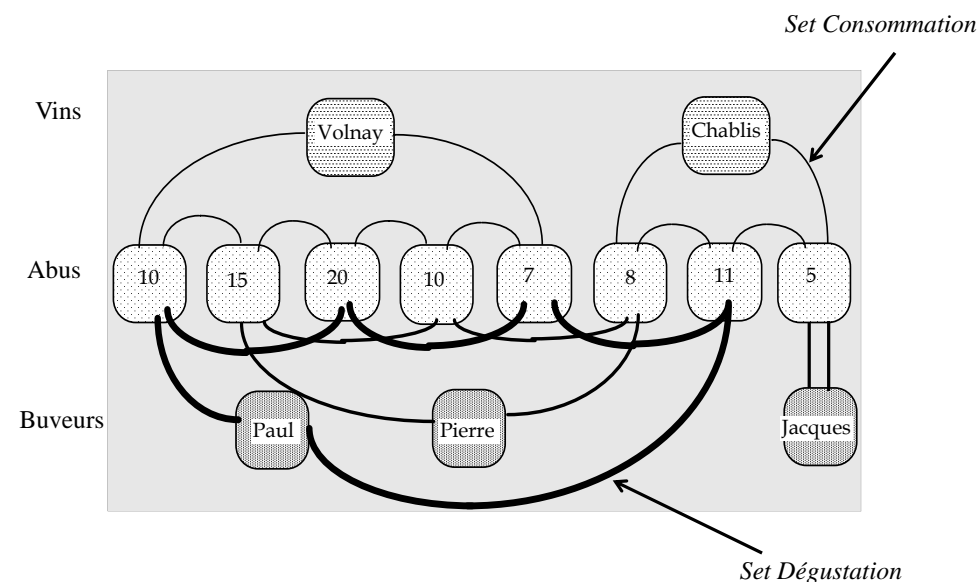
Exemple de schéma de BD Codasyl

3



Exemple de contenu de BD Codasyl

4



Exemple de programme Codasyl

RECHERCHER LES ABUS en quantité > 10 DU BUVEUR No 302.

```
/* Positionner le curseur programme sur le buveur No. 302 */
BUVEURS.NB := 302
FIND ANY BUVEURS
/* Parcours des commandes */
FIND FIRST ABUS WITHIN DEGUSTATION
WHILE (LMD_CODE != EndOfSet)
{
  GET ABUS
  /* traitement d'une commande */
  If ABUS.quantité > 10 then ...
  FIND NEXT ABUS WITHIN DEGUSTATION
}
```

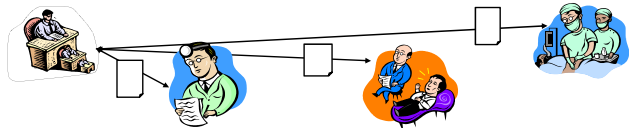
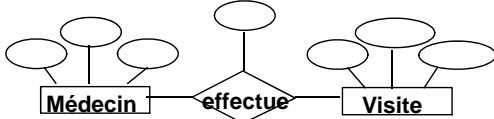
Pro et Cons des systèmes Codasyl

- Des systèmes très efficaces grâce à des techniques ad-hoc de placement (proximité, homothétie)
 - Minimisation des E/S disques, principal goulot d'étranglement des SGBD
- Mais des systèmes très contraignants et rigides
 - Comment estimer la place disque occupée par tous les membres d'un propriétaire ?
 - Comment faire évoluer le schéma ?
- Toute remise en cause du design initial a un impact considérable sur les programmes d'application !

Le modèle relationnel

- En 1970, Ted Codd, mathématicien, chercheur chez IBM, propose le Modèle Relationnel, basé sur la théorie des ensembles
- A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, CACM 13, No. 6, June 1970*
- Il définit l'Algèbre Relationnelle sur laquelle est basé SQL (Structured Query Language), le langage standard supporté par tous les SGBD Relationnels actuels (Oracle, DB2, MySQL, SQLServer, etc)

Rappel des différents niveaux de schéma

Réel				
Modèle conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> • Indépendant du modèle de données • Indépendant du SGBD 			
Modèle logique	<ul style="list-style-type: none"> • Dépendant du modèle de données • Indépendant du SGBD 	Codasyl	Relationnel	Objet XML
Modèle Physique	<ul style="list-style-type: none"> • Dépendant du modèle de données • Dépendant du SGBD 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisation physique des données • Structures de stockage des données • Structures accélératrices (index) 		

1. CONCEPTS DESCRIPTIFS

- L'intérêt du modèle tient dans sa simplicité
- Ensemble de concepts pour formaliser la description d'articles de fichiers plats
- Modèle standardisé mais extensible
 - Introduction de types de données variés (SQL2)
 - Introduction des objets complexes (SQL3)

Domaine

- ENSEMBLE DE VALEURS
- Exemples:
 - ENTIER
 - REEL
 - CHAINES DE CARACTERES
 - EUROS
 - SALAIRE = {4 000..100 000}
 - COULEUR= {BLEU, BLANC, ROUGE}

~~POINT = {(X:REEL,Y:REEL)}~~ \Rightarrow SQL3
~~TRIANGLE = {(P1:POINT,P2:POINT,P3:POINT)}~~

Relation, attribut

11

• SOUS-ENSEMBLE DU PRODUIT CARTESIEN D'UNE LISTE DE DOMAINES

- Une relation est caractérisée par un nom
- Exemple:

- D1 = COULEUR
- D2 = BOOLEEN

CoulVins	Coul	Choix
	Bleu	Faux
	Blanc	Vrai
	Rouge	Vrai

- Plus simplement ...
 - Une relation est une table à deux dimensions
 - Une ligne est un tuple
 - Un nom est associé à chaque colonne afin de la repérer indépendamment de son numéro d'ordre
- ATTRIBUT
 - nom donné à une colonne d'une relation
 - prend ses valeurs dans un domaine

Exemple de relation

Attribut variant sur le domaine Couleur

VINS	CRU	MILL	REGION	COULEUR
	CHENAS	1983	BEAUJOLAIS	ROUGE
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
Tuple →	TAVEL	1986	RHONE	ROSE
	CHABLIS	1986	BOURGOGNE	BLANC
	ST-EMILION	1987	BORDELAIS	ROUGE

Equivalence de vocabulaire

Relation / Table

Tuple / Ligne / Row

Attribut / Colonne / Column

Clé

13

- ATTRIBUT OU GROUPE D'ATTRIBUTS MINIMUM QUI DETERMINE UN TUPLE UNIQUE DANS UNE RELATION
- Exemples:
 - {CRU,MILLESIME} DANS VINS ==> NV
 - NSS DANS PERSONNE
- CONTRAINTE D'ENTITE
 - Toute relation doit posséder au moins une clé documentée
 - Relation = ensemble de tuples (sans doublons)

Clé Etrangère

14

- ATTRIBUT OU GROUPE D'ATTRIBUTS DEVANT APPARAÎTRE COMME CLE DANS UNE AUTRE RELATION
- Les clés étrangères définissent les contraintes d'intégrité référentielles
 - Lors d'une insertion, la valeur des attributs doit exister dans la relation référencée
 - Lors d'une suppression dans la relation référencée les tuples référençant doivent disparaître
 - Elles correspondent aux liens entité-association obligatoires

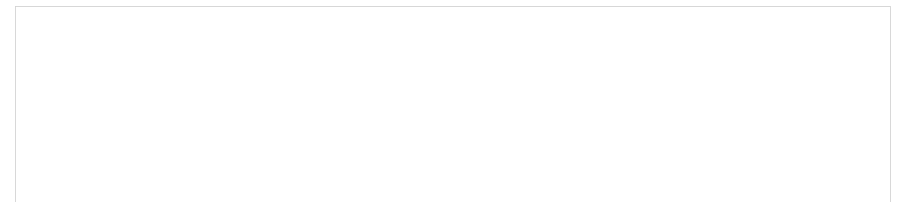
Schéma

15

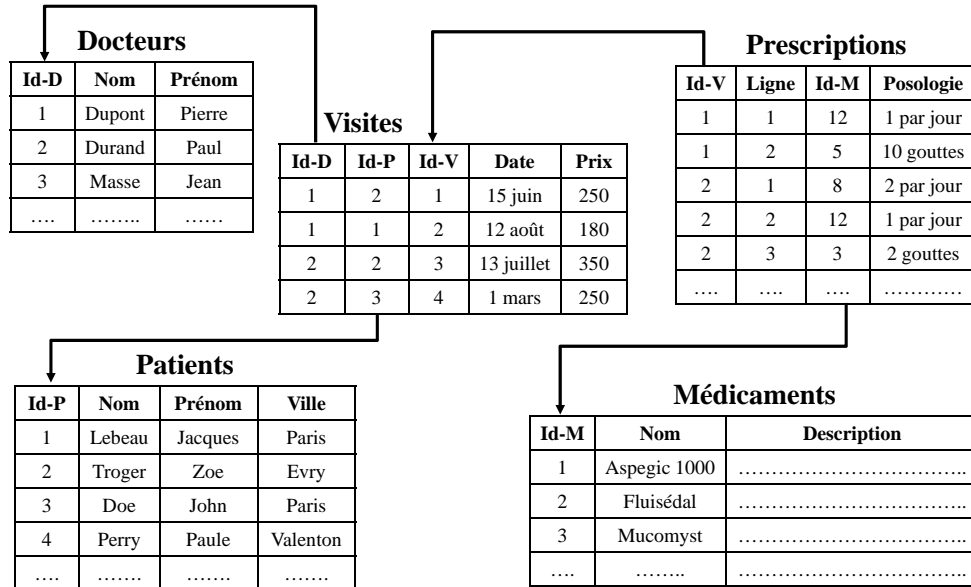
- NOM DE LA RELATION, LISTE DES ATTRIBUTS AVEC DOMAINES, ET LISTE DES CLES D'UNE RELATION
 - Exemple:
 - VINS(NV: Int, CRU:texte, MILL:entier, DEGRE: Réel, REGION:texte)
 - Par convention, la clé primaire est soulignée
- SCHEMA D'UNE BD RELATIONNELLE
 - C'est l'ensemble des schémas des relations composantes
- INTENTION ET EXTENSION
 - Un schéma de relation définit l'intention de la relation
 - Une instance de table représente une extension de la relation

Exemple de Schéma

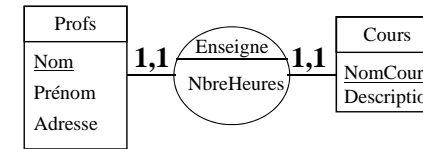
- EXEMPLE
 - BUVEURS (NB, NOM, PRENOM, TYPE)**
 - VINS (NV, CRU, MILL, DEGRE)**
 - ABUS (NB, NV, DATE, QUANTITE)**
- CLES PRIMAIRES ?
- CLES ETRANGERES ?



Autre exemple



Retour sur E/A → Relationnel (1)



- Un prof enseigne un et un seul cours
- Un cours est enseigné par un et un seul prof

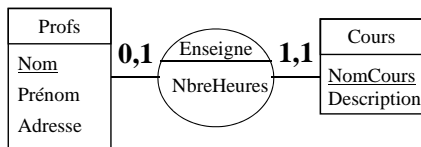
Solution 1

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	Description	NbreHeures
Bouganim	Luc	Paris	Info	Informatique	44
Crenn	Isabelle	Paris	Math	Mathématiques	78
Rousseau	Martine	Versailles	Droit	Droit	26

Solution 2

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	Description	NbreHeures
Bouganim	Luc	Paris	Info	Informatique	44
Crenn	Isabelle	Paris	Math	Mathématiques	78
Rousseau	Martine	Versailles	Droit	Droit	26

Retour sur E/A → Relationnel (2)



- Un prof enseigne un et un seul cours
- Un cours est enseigné par un prof ou n'est pas enseigné

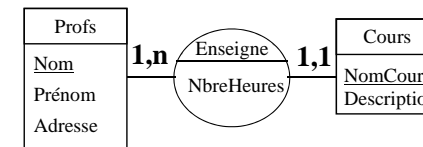
Solution 1

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	Description	NbreHeures
Bouganim	Luc	Paris	Info	Informatique	44
Crenn	Isabelle	Paris	Math	Mathématiques	78

Solution 2

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	NbreHeures	NomCours	Description
Bouganim	Luc	Paris	Info	44	Info	Informatique
Crenn	Isabelle	Paris	Math	78	Math	Mathématiques
					Droit	Droit

Retour sur E/A → Relationnel (3)



- Un prof enseigne un et un seul cours
- Un cours est enseigné par un ou plusieurs profs

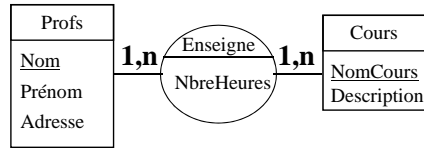
Solution 1

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	Description	NbreHeures
Bouganim	Luc	Paris	Info	Informatique	20
Crenn	Isabelle	Paris	Info	Informatique	24
Rousseau	Martine	Versailles	Droit	Droit	26

Solution 2

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	NbreHeures	NomCours	Description
Bouganim	Luc	Paris	Info	20	Info	Informatique
Crenn	Isabelle	Paris	Info	24		
Rousseau	Martine	Versailles	Droit	26	Droit	Droit

Retour sur E/A → Relationnel (4)

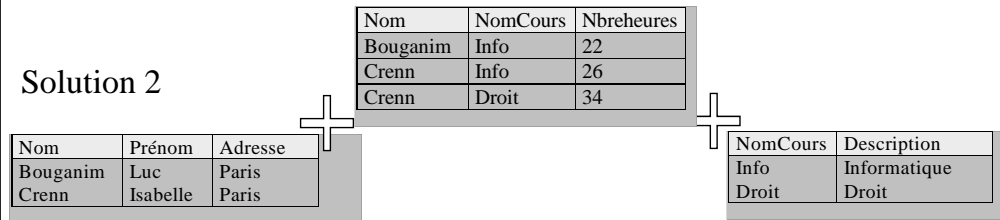


- Un prof enseigne un ou plusieurs cours
- Un cours est enseigné par un ou plusieurs profs

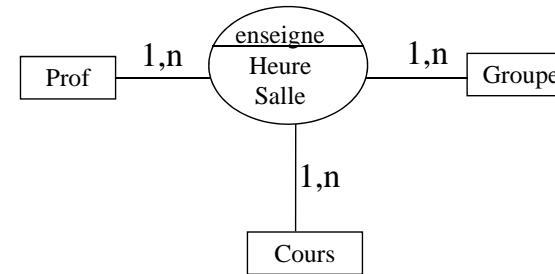
Solution 1

Nom	Prénom	Adresse	NomCours	Description	NbreHeures
Bouganim	Luc	Paris	Info	Informatique	22
Crenn	Isabelle	Paris	Info	Informatique	26
Crenn	Isabelle	Paris	Droit	Droit	34

Solution 2



Retour sur E/A → Relationnel (5)



Nom	NomCours	Groupe	heure	Salle
Bouganim	Info	2.1	10h	A1
Crenn	Math	2.1	12h	A3
Crenn	Info	2.2	17h	A1
Bouganim	Info	2.1	14h	A2

Nom	Prénom	Adresse
Bouganim	Luc	Paris
Crenn	Isabelle	Paris

NomCours	Description
Info	Informatique
Math	Mathématique

Groupe	Option	Responsable
2.1	Finance	Guter Paul
2.2	Comptabilité	Bourdin Jean

Passage au modèle relationnel - Conclusion

• Objectifs

- Ne pas dégrader le modèle conceptuel (pas de propriété répétitive ni sans signification)
- Ne pas créer de tables inutiles

• Méthode

- Si possible, passer les propriétés de l'association dans l'une ou l'autre des entités mais:
 - Si la cardinalité **minimum est 0**, on ne peut pas le faire sans introduire de valeurs nulles (ex. un prof ne donnant pas de cours)
 - Si la cardinalité **maximum est n**, on ne doit surtout pas le faire car cela introduit de la redondance (ex. un prof donnant plusieurs cours)
- Sinon, créer une table pour l'association contenant
 - les clefs des entités associées
 - les propriétés de l'association

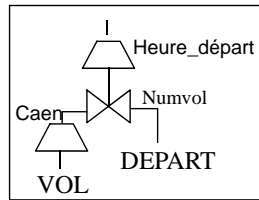
Algèbre relationnelle

OPERATIONS PERMETTANT D'EXPRIMER LES REQUETES SOUS
FORME D'EXPRESSIONS ALGEBRIQUES

• Avantages

- Concis
- Sémantique simple
- Représentation graphique
- Utile pour raisonner (cf. TD)
- Utile pour l'optimisation de requêtes

Généalogie du langage SQL



Algèbre relationnelle

↓
Permet de raisonner sur les plans d'exécution

{V.Heure_Départ/ Vol (V)
et V.Ville_arrivée = 'Caen'
et $\exists D / \text{Départ} (D)$
et D.Numvol = V.Numvol
et D.Date = '19-12-95'}

Calcul de tuples

↓
Définit la puissance d'expression du langage

SQL

Projection

- Elimination des attributs non désirés et suppression des tuples en double
- Relation \rightarrow Relation notée:

$\pi_{A1,A2,\dots,Ap}(R)$

VINS	Cru	Mill	Région	Qualité
	VOLNAY	1983	BOURGOGNE	A
	VOLNAY	1979	BOURGOGNE	B
	CHENAS	1983	BEAUJOLAIS	A
	JULIENAS	1986	BEAUJOLAIS	C

$\pi_{\text{Cru}, \text{Région}}$

$\pi(\text{VINS})$	Cru	Région
	VOLNAY	BOURGOGNE
	CHENAS	BEAUJOLAIS
	JULIENAS	BEAUJOLAIS

Restriction

27

- Obtention des tuples de R satisfaisant un critère Q
- Relation \rightarrow Relation, notée $\sigma_Q(R)$
- Q est le critère de qualification de la forme :
 - $A_i \theta \text{ Valeur}$, $\theta = \{ =, <, \geq, >, \leq, \neq \}$
 - Il est possible de réaliser des "ou" (conjonction) et des "et" (disjonction) de critères simples

VINS	Cru	Mill	Région	Qualité
	VOLNAY	1983	BOURGOGNE	A
	VOLNAY	1979	BOURGOGNE	B
	CHENAS	1983	BEAUJOLAIS	A
	JULIENAS	1986	BEAUJOLAIS	C

$\sigma_{\text{MILL} > 1983}$

VINS	Cru	Mill	Région	Qualité
	JULIENAS	1986	BEAUJOLAIS	C

Produit cartésien

28

- Le produit cartésien de deux relations R1 et R2 est une relation dont le schéma est la concaténation des schémas de R1 et R2.
- Ses tuples sont ceux de R1, concaténés chacun à tous les tuples de R2.

VINS	Cru	Mill	Qualité
	VOLNAY	1983	A
	VOLNAY	1979	B
	CHABLIS	1983	A
	JULIENAS	1986	C

X

LOCALISATION	Cru	Région	QualMoy
	VOLNAY	Bourgogne	A
	CHABLIS	Bourgogne	A
	CHABLIS	Californie	B

↓

VINSREG	Cru	Mill	Qualité	Cru	Région	QualMoy
	VOLNAY	1983	A	VOLNAY	Bourgogne	A
	VOLNAY	1983	A	CHABLIS	Bourgogne	A
	VOLNAY	1983	A	CHABLIS	Californie	B
	VOLNAY	1979	B	VOLNAY	Bourgogne	A
	VOLNAY	1979	B	CHABLIS	Bourgogne	A
	VOLNAY	1979	B	CHABLIS	Californie	B
	CHABLIS	1983	A	VOLNAY	Bourgogne	A
...

Jointure

- Composition de deux relations sur un domaine commun
 - Formellement, la jointure ne fait pas partie de l'algèbre relationnelle, pourquoi ?
- Relation \times Relation \rightarrow Relation
 - notée \bowtie
- Critère de jointure
 - Jointure naturelle
 - Attribut = Attribut
 - Critère d'égalité sur attributs de même nom
 - Théta-jointure
 - Attribut1 Θ Attribut2, avec $\Theta = \{=, <, >, \leq, \geq, \neq\}$
 - Comparaison quelconque sur attributs quelconques
 - Cas particulier : équi-jointure

Exemple de Jointure



VINS	Cru	Mill	Qualité
	VOLNAY	1983	A
	VOLNAY	1979	B
	CHABLIS	1983	A
	JULIENAS	1986	C

LOCALISATION	Cru	Région	QualMoy
	VOLNAY	Bourgogne	A
	CHABLIS	Bourgogne	A
	CHABLIS	Californie	B

VINSREG	Cru	Mill	Qualité	Région	QualMoy
	VOLNAY	1983	A	Bourgogne	A
	VOLNAY	1979	B	Bourgogne	A
	CHABLIS	1983	A	Bourgogne	A
	CHABLIS	1983	A	Californie	B

Exemple de Θ -Jointure

EMPLOYES	NOM	DEPT	SALAIRE
	MARTIN	1	130
	DURAND	1	235
	DUPONT	2	280
	DUPOND	3	150

RESPONSABLE	DEPT	SALAIRE
	1	230
	2	250
	3	300
	4	270

EMPLOYES \bowtie RESPONSABLE

(Employé.salaire > Responsable.Salaire) and (Employes.Dept = Responsable.Dept)

RESULTAT	NOM	DEPT	SALAIRE	SALAIRE
	DURAND	1	235	230
	DUPONT	2	280	250

SemiJoin

- SemiJoin \bowtie

Employee	Dept	Employee \bowtie Dept
Name EmpId DeptName	DeptName Manager	Name EmpId DeptName
Harry 3415 Finance	Sales Harriet	Sally 2241 Sales
Sally 2241 Sales	Production Charles	Harriet 2202 Production
George 3401 Finance		
Harriet 2202 Production		

Left OuterJoin

33

- Left OuterJoin 

Employee			Dept		Employee X Dept			
Name	EmpId	DeptName			Name	EmpId	DeptName	Manager
Harry	3415	Finance			Harry	3415	Finance	w
Sally	2241	Sales			Sally	2241	Sales	Harriet
George	3401	Finance			George	3401	Finance	w
Harriet	2202	Sales			Harriet	2202	Sales	Harriet
Tim	1123	Executive			Tim	1123	Executive	w

Right OuterJoin

34

- Right OuterJoin 

Employee			Dept		Employee X= Dept			
Name	EmpId	DeptName			Name	EmpId	DeptName	Manager
Harry	3415	Finance			Sally	2241	Sales	Harriet
Sally	2241	Sales			Harriet	2202	Sales	Harriet
George	3401	Finance			w	w	Production	Charles
Harriet	2202	Sales						
Tim	1123	Executive						

Unions, intersections, différences

35

- Opérations binaires
 - Relation \times Relation \rightarrow Relation
- Opérations pour des relations de même schéma
 - UNION notée \cup
 - INTERSECTION notée \cap
 - DIFFERENCE notée $-$
- Extension pour des relations de schémas différents
 - Ramener au même schéma avec des valeurs nulles
 - Exemple: Outer Union

Union (\cup)

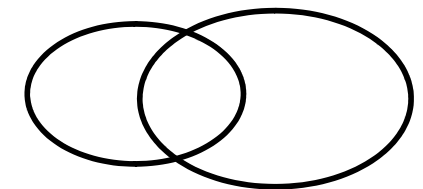
36

UNION ENSEMBLISTE POUR DES RELATIONS DE MEME SCHEMA

Exemple : VINS1 \cup VINS2

Vins1	Cru	Mill	Region	Couleur
	CHENAS	1983	BEAUJOLAIS	ROUGE
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
	TAVEL	1986	RHONE	ROSE

Vins2	Cru	Mill	Region	Couleur
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
	CHABLIS	1985	BOURGOGNE	ROUGE



VINS	CRU	MILL	REGION	COULEUR
	Chenas	1983	Beaujolais	Rouge
	Tokay	1980	Alsace	Blanc
	Tavel	1986	Rhône	Rosé
	Chablis	1985	Bourgogne	Rouge

Très utile !
Mais dans quels cas concrets ?

Intersection (\cap)

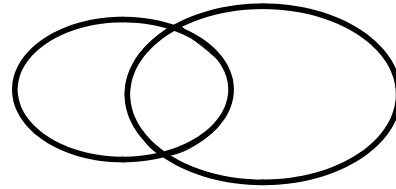
INTERSECTION ENSEMBLISTE POUR DES RELATIONS DE MEME SCHEMA

Exemple : VINS1 \cap VINS2

Vins1	Cru	Mill	Region	Couleur
	CHENAS	1983	BEAUJOLAIS	ROUGE
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
	TAVEL	1986	RHONE	ROSE

Vins2	Cru	Mill	Region	Couleur
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
	CHABLIS	1985	BOURGOGNE	ROUGE

VINS	CRU	MILL	REGION	COULEUR
	Tokay	1980	Alsace	Blanc



Différence (-)

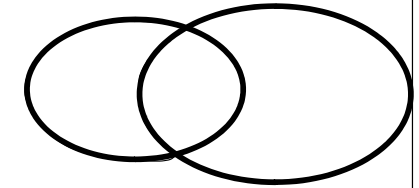
DIFFERENCE ENSEMBLISTE POUR DES RELATIONS DE MEME SCHEMA

Exemple : VINS1 - VINS2

Vins1	Cru	Mill	Region	Couleur
	CHENAS	1983	BEAUJOLAIS	ROUGE
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
	TAVEL	1986	RHONE	ROSE

Vins2	Cru	Mill	Region	Couleur
	TOKAY	1980	ALSACE	BLANC
	CHABLIS	1985	BOURGOGNE	ROUGE

VINS	CRU	MILL	REGION	COULEUR
	Chenas	1983	Beaujolais	Rouge
	Tavel	1986	Rhône	Rose



Division (\div)

- PERMET DE RECHERCHER DANS UNE RELATION, L'ENSEMBLE DES 'SOUS TUPLES' QUI SATISFONT UNE 'SOUS-RELATION'
 - inverse du produit cartésien
- Le quotient de la relation $\underline{D}(A_1, \dots, A_p, A_{p+1} \dots A_n)$ par la relation $\underline{d}(A_{p+1} \dots A_n)$ est la relation $\underline{Q}(A_1, \dots, A_p)$ dont les tuples sont ceux qui concaténés à tout tuple de \underline{d} donnent un tuple de \underline{D} .
- Plus facile avec un exemple ...

Division (\div) – Exemple

Utile pour répondre à des prédicats avec quantificateur universel \forall

nomAgence	nomClient
ParisAuteuil	Dupont
NantesCentre	Queffelec
Bellecourt	Girard
Brotteaux	Letailleur
LaDoua	Girard
ParisDupleix	Dutour
NantesCentre	Passard
NantesCentre	Martin
Bellecourt	Letailleur
Brotteaux	Girard
LaDoua	Letailleur
LaDoua	Lagaffe

\div

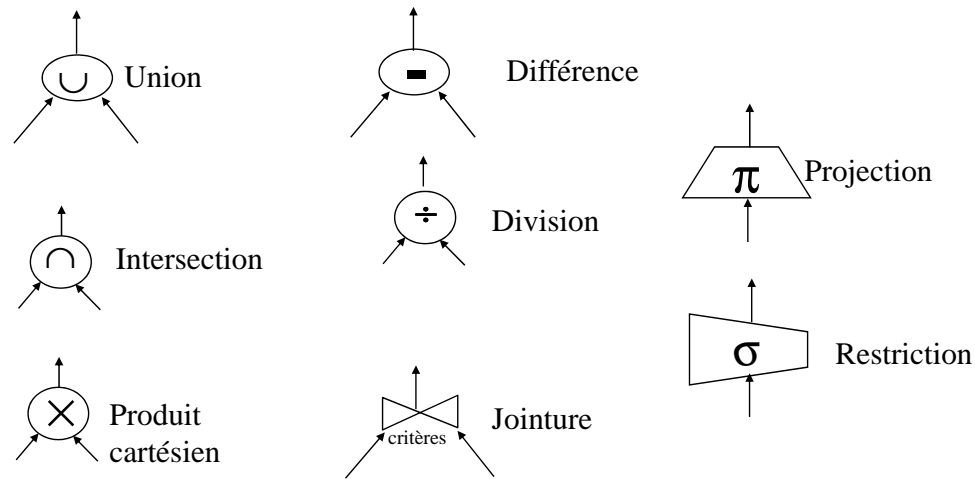
NomAgence
Bellecourt
Brotteaux
LaDoua



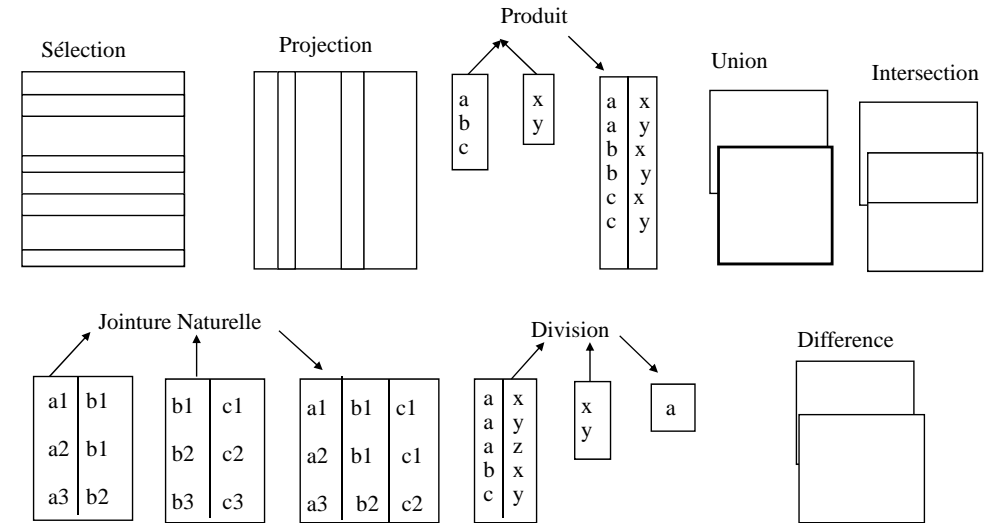
Résultat Final

nomClient
Girard
Letailleur

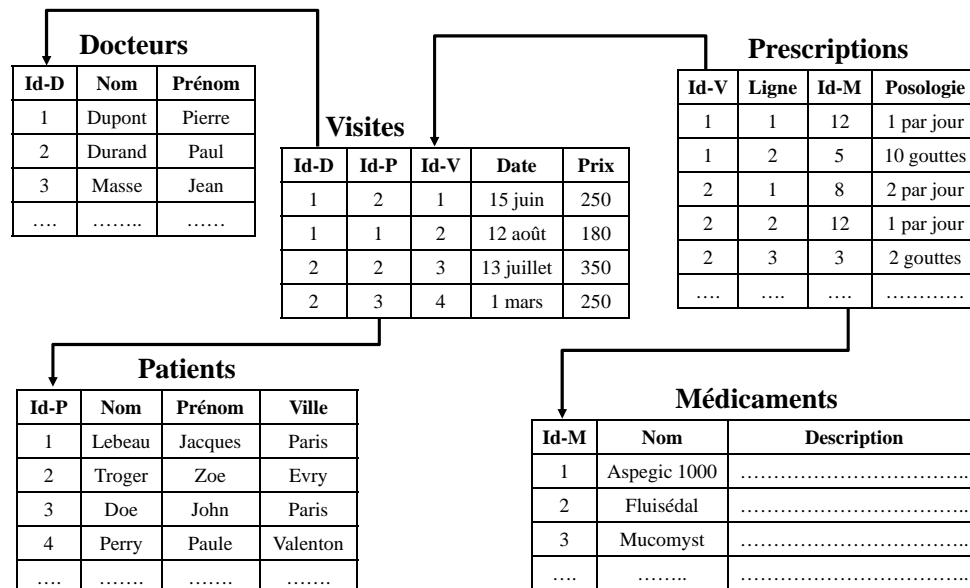
Représentation graphique



Récapitulatif

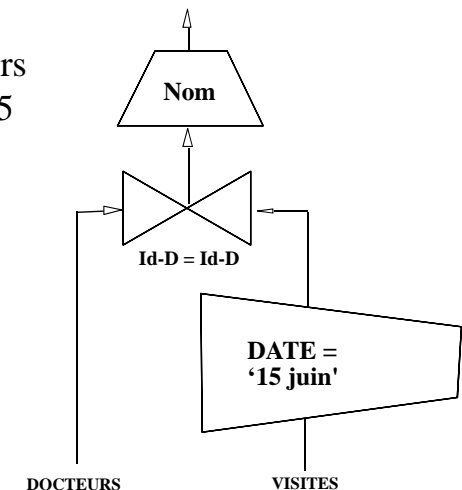


Rappel de la BD exemple



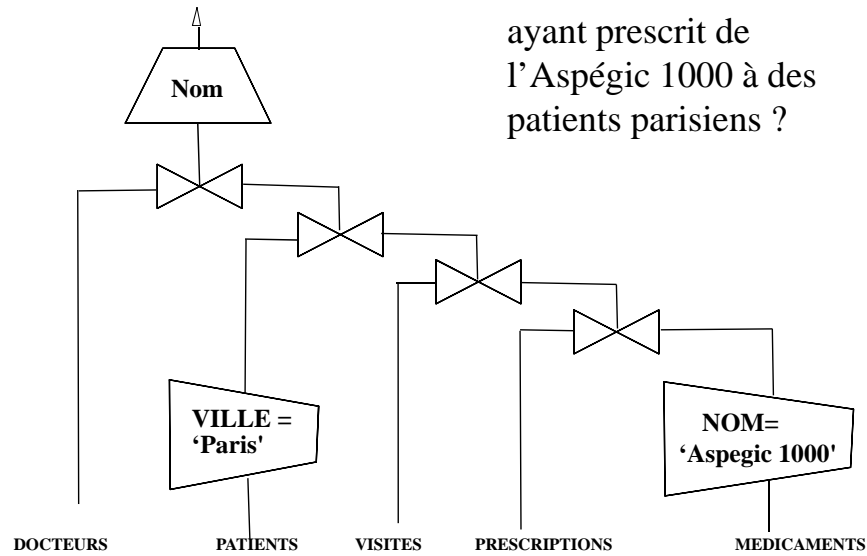
REQUETES EXPRIMEES A L'AIDE DE L'ALGEBRE RELATIONNELLE (1)

- REQUETE: Nom des docteurs ayant effectué une visite le 15 juin ?



REQUETES EXPRIMEES A L'AIDE DE L'ALGEBRE RELATIONNELLE (2)

- Nom des docteurs ayant prescrit de l'Aspégic 1000 à des patients parisiens ?



REQUETES EXPRIMEES A L'AIDE DE L'ALGEBRE RELATIONNELLE (3)

- Nom des patients qui n'ont jamais vu de médecins

