Modèle relationnel

Serge Abiteboul

INRIA

April 3, 2009

Introduction

Modèle de bases de données :
LDD (langage de définition de données) +
LMD (langage de manipulation de données)

Modéle relationnel (Ted Codd 1970) :
Données sont structurées en tables
Langages : algèbre, calcul, SQL
Bases : calcul des prédicats du 1er ordre

Langage de définition de données

Table : *relation*, e.g., *Film*
Colonnes : *attribut*, e.g., *Titre*
Lignes : *n-uplet* (ou enregistrement)
Alphabets

- Attributs : **att**
- Constantes (entrées des tables) : **dom**
- Noms de relations : **relname**
- Variables : **var**

À chaque nom de relation R est associé un ensemble d'attributs $sort(R)$

- e.g., $sort(Pariscope) = \{Salle, Titre, Horaire\}$

Base de données Cinéma

Film	*Titre*	*Directeur*	*Acteur*
	The Trouble with Harry	Hitchcock	Gwenn
	The Trouble with Harry	Hitchcock	Forsythe
	The Trouble with Harry	Hitchcock	MacLaine
	The Trouble with Harry	Hitchcock	Hitchcock
		. . .	
	Cries and Whispers	Bergman	Andersson
	Cries and Whispers	Bergman	Sylwan
	Cries and Whispers	Bergman	Thulin
	Cries and Whispers	Bergman	Ullman

Base de données Cinéma (2)

Coordonnées	*Salle*	*Adresse*
	Gaumont Opéra	31 bd. des Italiens
	Saint André des Arts	30 rue Saint André des Arts
	Le Champo	51 rue des Ecoles
		. . .
	Georges V	144 av. des Champs-Elysées
	Les 7 Montparnassiens	98 bd. du Montparnasse

Base de données Cinéma (3)

Pariscope	*Salle*	*Titre*	*Horaire*
	Gaumont Opéra	Cries and Whispers	20:30
	Saint André des Arts	The Trouble with Harry	20:15
	Georges V	Cries and Whispers	22:15
		. . .	
	Les 7 Montparnassiens	Cries and Whispers	20:45

Schémas et instances

Schéma de relation : nom de relation R

- on l'écrit parfois $R[sort(R)]$ e.g., Pariscope [Salle, Titre, Horaire]
- en pratique
  relation Coordonnées (Salle: string, Ad: string, Tél: int)

Schéma de base de données : ensemble de noms de relations

- BD = { Film, Coordonnées, Pariscope }

Nuplet sur un ensemble d'attributs U

- Une fonction de U dans **dom**
- $\langle Salle : G5, Titre : CaW, Horaire : 20\rangle$

Instance de R ou une relation sur $U = sort(R)$: ensemble fini de nuplets sur U

Instance **I** d'un schéma de base de données **R**

- Une fonction dont le domaine est **R**
- pour chaque R dans **R**, **I**(**R**) instance de R.

Autre formalisme possible

colonnes numérotées au lieu d'être nommées

n-uplet : élément du produit cartésien $\mathbf{dom}^n$

e.g., $\langle abdf, dghjac, kadgfd \rangle$

Terminologie base de données

$$I(R) = \{f_1, f_2, f_3\}$$

$$\begin{array}{ll} f_1(A) = a & f_1(B) = b \\ f_2(A) = c & f_2(B) = b \\ f_3(A) = a & f_3(B) = a \end{array}$$

$$I(S) = \{g\}$$

$$g(A) = d$$

Terminologie programmation logique

$$I = \{R(a,b),\ R(c,b),\ R(a,a),\ S(d)\}.$$

Requêtes conjonctives

Langage très limité mais essentiel

3 paradigmes: algébriques, logiques, tabulaires

1. Algèbre PSJR
2. Calcul conjonctif (sous ensemble calcul des prédicats)
3. Rêgles conjonctives
4. (Tableaux)

Exemples

Qui est le directeur de “Straw Dogs”?
Quelles salles affichent “Straw Dogs”?
Quels sont l’adresse et le numéro de télephone du Studio?
Donner les noms et adresses des salles affichant un film de Bergman.
Quels sont les directeurs qui ont joué dans un film qu’ils ont dirigé.
Donner les paires de personnes telles que la première a dirigé la seconde, et vice versa;

Formalisons l'intuition

Donner les noms et adresses des salles affichant un film de Bergman.
Intuitivement (variables nuplets),

si les n-uplets r_1, r_2, r_3 respectivement dans les relations
Film, *Pariscope*, *Coordonnées* sont tels que
le *Directeur* dans r_1 est "Bergman"
et les *Titres* dans r_1 et r_2 sont les mêmes
et les *Salles* dans n-uplet r_2 et r_3 sont les mêmes
alors nous voulons les *Salle* et *Adresse* du n-uplet r_3.

Intuitivement (variables domaines)

si les n-uplets $\langle x_{ti}, \text{"Bergman"}, x_{ac} \rangle$, $\langle x_{sa}, x_{ti}, x_s \rangle$ et $\langle x_{sa}, x_{ad}, x_p \rangle$,
sont respectivement, dans les relations
Film, Pariscope et *Coordonnées*
alors inclure le n-uplet $\langle \mathit{Salle} : x_{sa},\ \mathit{Adresse} : x_{ad} \rangle$ dans la réponse,

où $x_{ti}, x_{ac}, \ldots$ sont des variables.

Une syntaxe: rêgles conjonctives

Syntaxe utilisant des rêgles

$$\begin{array}{lll} ans(x_{sa}, x_{ad}) & \leftarrow & Film(x_{ti}, \text{“Bergman”}, x_{ac}),\ Pariscope(x_{sa}, x_{ti}, x_s), \\ & & Coordonnes(x_{sa}, x_{ad}, x_p) \end{array}$$

Rêgles conjonctives

Une *règle* conjonctive sur **R** est une expression q de la forme:

$$ans(u) \leftarrow R_1(u_1), ..., R_n(u_n)$$

- $n \geq 0$, $R_1, ..., R_n \in \mathbf{R}$
- $ans \notin \mathbf{R}$
- $u, u_1, ..., u_n$ n-uplets libres (i.e., variables + constantes) de bonnes arités
- chaque variable apparaîssant dans u doit aussi apparaître au moins une fois dans $u_1, ..., u_n$.

$R_1(u_1), \ldots, R_n(u_n)$: *corps*
$ans(u)$: *tête*.
Intuition: usine à fournir des faits

Requêtes conjonctives

Valuation: V un ensemble de variables, une *valuation* est une fonction ν de V dans **dom.** Pour chaque constante a, $\nu(a) = a$

$$q(\mathbf{I}) = \{\nu(u) \mid \nu \text{ est une valuation sur } var(q) \text{ et } \nu(u_i) \in \mathbf{I}(R_i), \text{ pour chaque } i \in [1, n]\}.$$

Exemple:
Domaine actif: $adom(\mathbf{I})$ est l'ensemble des constantes apparaîssant dans $\mathbf{I}$; similarly $adom(q)$, $adom(q, \mathbf{I})$
$adom(q(\mathbf{I})) \subseteq adom(q, \mathbf{I})$ (donc $q(\mathbf{I})$ est fini)

Une autre syntaxe: Calcul conjonctif

Requête

$$
\begin{aligned}
ans(x_{sa}, x_{ad}) \quad \leftarrow \quad & Film(x_{ti}, \text{“Bergman”}, x_{ac}),\ Pariscope(x_{sa}, x_{ti}, x_s), \\
& Coordonnees(x_{sa}, x_{ad}, x_p)
\end{aligned}
$$

virgule devient $\wedge$ (conjonction)
variables non dans le résultat sont existentielles $\exists$
En calcul conjunctif

$$
\begin{aligned}
\{x_{sa},\ x_{ad} \mid \quad \exists x_{ti} \exists x_{ac} \exists x_s \exists x_p (& Film(x_{ti}, \text{“Bergman”}, x_{ac}) \wedge \\
& Pariscope(x_{sa}, x_{ti}, x_s) \wedge \\
& Coordonnees(x_{sa}, x_{ad}, x_p))\}
\end{aligned}
$$

Imbrication : Elle s'exprime aussi par:

$$
\begin{aligned}
\{x_{sa},\ x_{ad} \mid \quad & \exists x_{ti} \exists x_{ac} \exists x_s (Film(x_{ti}, \text{“Bergman”}, x_{ac}) \wedge \\
& \qquad\qquad Pariscope(x_{sa}, x_{ti}, x_s)) \wedge \\
& \exists x_p (Coordonnees(x_{sa}, x_{ad}, x_p))\}
\end{aligned}
$$

Formalisme graphique : tableaux

Langage Query-By-Example (QBE).

Les identificateurs commençant par '_' désignent variables (des "exemples" dans la terminologie QBE)

'P.' indique ce qu'il faut imprimer.

Film	*Titre*	*Directeur*	*Acteur*
	_The Seventh Seal	Bergman	

Pariscope	*Salle*	*Titre*	*Horaire*
	_Rex	_The Seventh Seal	

Coordonnées	*Salle*	*Adresse*	*Téléphone*
	P._Rex	P._1 bd. Poissonnière	

Une requête en QBE

Nombreuses interfaces graphiques, e.g., Microsoft Access

Algèbre : PSJR

Langage procédural (algèbre) $\neq$ déclaratif

Facile à implanter

Compiler : calcul $\rightarrow$ algèbre

Opérations

1. Projection: ne garder que certaines colonnes
2. Sélection: enlever des lignes suivant un critère
3. Jointure: faire un pont entre deux tables
4. Renommage: renommer attributs d'une table

Problème des dupliquets

Algèbre : PSJR

R

A	B
1	2
4	2
6	6
7	7
1	7
1	6

S

B	C
2	3
2	5
9	1
8	8

$R \bowtie S$

A	B	C
1	2	3
1	2	5
4	2	3
4	2	5

$\sigma_{A=1}(R)$

A	B
1	2
1	7
1	6

$\delta_{B:B',C:A}(S)$

B'	A
2	3
2	5
9	1
8	8

$\pi_A(R)$

A
1
4
6
7

Algèbre

Algèbre SPJR: *sélection* (σ), *projection* (π), *jointure* ($\bowtie$), *renomage* (δ)

Sélection: $\sigma_{A=c}$ et $\sigma_{A=B}$, ($A, B \in \textbf{att}$, $a \in \textbf{dom}$)

$$\sigma_{A=c}(I) = \{t \in I \mid t(A) = c\} \text{ et } \sigma_{A=B}(I) = \{t \in I \mid t(A) = t(B)\}.$$

Projection: $\pi_{A_1,\ldots,A_n}$ ($n \geq 0$, $A_1, \ldots, A_n \in \textbf{att}$)

$$\pi_{A_1,\ldots,A_n}(I) = \{\langle A_1 : t(A_1), \ldots, A_n : t(A_n)\rangle \mid t \in I\}$$

$$\pi_{A_1,\ldots,A_n}(I) = \{t|_{A_1,\ldots,A_n} \mid t \in I\}.$$

Jointure (Naturelle):

$sort(I) = V$, $sort(J) = W$, $sort(I \bowtie J) = V \cup W$

$$I \bowtie J = \{t \text{ sur } V \cup W \mid \text{pour } v \in I \text{ et } w \in J, t|_V = v \text{ et } t|_W = w\}$$

$sort(I) = sort(J)$, $I \bowtie J = I \cap J$

$sort(I) \cap sort(J) = \emptyset$, $I \bowtie J = I \times J$ (p. cartésien).

Algèbre - dernière opération

Renomage:
utilise une fonction injective de $U = A_1...A_n$ dans **att** que l'on notera $A_1/B_1, \ldots, A_n/B_n$.

$$\delta_{A_1/B_1,\ldots,A_n/B_n}(I) \;=\; \{v \text{ sur } B_1, \ldots, B_n \mid \text{pour } \; u \in I,$$

$$v(B_i)) = u(A_i) \text{ pour tout } i \in [1..n]\}$$

Composition

Requêtes de base

(i) chaque input relation R, $[R]$ est une requête

(ii) pour chaque $a \in \mathbf{dom}$ et $A \in \mathbf{att}$, $\{\langle A : a\rangle\}$

+ les 4 opérations

Exemple

- $I_1 := \sigma_{Directeur=\text{“Bergman”}}(Film)$.
- $I_2 := \pi_{Titre}(I_1)$.
- $I_3 := I_2 \bowtie Pariscope$
- $I_4 := \pi_{Salle\ \ Titre}(I_3)$.
- $\pi_{Salle\ \ Titre}(\pi_{Titre}(\sigma_{Directeur=\text{“Bergman”}}(Film)) \bowtie Pariscope)$, ou
- $\pi_{Salle\ \ Titre}(\sigma_{Directeur=\text{“Bergman”}}(Film \bowtie Pariscope))$

Arbres de requêtes, réecritures, optimisation

Théorème d'équivalence

q est exprimable comme une rêgle conjonctive
ssi q est exprimable dans le calcul conjonctif
ssi q est exprimable dans l'algèbre PSJR

Rêgle $\Rightarrow$ Calcul : évident
Calcul $\Rightarrow$ Algèbre
$\exists$ par projection, $\wedge$ par jointure
Algèbre $\Rightarrow$ Rêgle
On se ramème à la forme

$$(\dagger)\ \pi(\sigma_{\gamma_1}(\delta|f_1(R_1) \bowtie \cdots \bowtie \sigma_{\gamma_n}(\delta|f_n(R_n))$$

En utilisant, des équivalences algébriques

Equivalences algébriques

$\sigma_F(\sigma_{F'}(q))$	$\leftrightarrow$	$\sigma'_F(\sigma_F(q))$	
$\pi_X(\pi_Y(q))$	$\leftrightarrow$	$\pi_{X\cap Y}(q)$	
$\sigma_F(\pi_X(q))$	$\leftrightarrow$	$\pi_X(\sigma_F(q))$	si F porte sur des attributs de X
$q_1 \bowtie q_2$	$\leftrightarrow$	$q_2 \bowtie q_1$	
$\sigma_F(q_1 \bowtie q_2)$	$\rightarrow$	$\sigma_F(q_1) \bowtie q_2$	si F porte sur des attributs de $sort(q_1)$
$\pi_X(q_1 \bowtie q_2)$	$\rightarrow$	$\pi_X(q_1) \bowtie \pi_X(q_2)$	si $sort(q_1) \cap sort(q_2) \subseteq X$

Résultats

Les requêtes exprimables comme des rêgles conjonctives sans constantes sont satisfaisables: pour tout q, il existe i tel que $q(I) \neq \emptyset$.

- Avec constantes: $\sigma_{A=0}(R) \bowtie \sigma_{A=1}(R)$ Non!

Les requêtes conjonctives sont monotones: pour tout **I,J**, pour tout q,

$$\mathbf{I} \subseteq \mathbf{J} \Rightarrow q(\mathbf{I}) \subseteq q(\mathbf{J})$$

Fermeture sous composition

$$\begin{array}{lcl} S_1(x,z) & \leftarrow & Q(x,y), R(y,z,w) \\ S_2(x,y,z) & \leftarrow & S_1(x,w), R(w,y,v), S_1(v,z) \\ S_3(x,z) & \leftarrow & S_2(x,u,v), Q(v,z) \end{array}$$

Peut être obtenu directement

$$\begin{array}{l} S_2(x,y,z) \leftarrow Q(x,y_1), R(y_1,w,w_1), R(w,y,v), Q(v,y_2), R(y_2,z,w_2) \\ S_3(x,z) \leftarrow Q(x,y_1), R(y_1,w,w_1), R(w,u,v_1), Q(v,y_2), R(y_2,v,w_2), Q(\end{array}$$

Vues

Exercices

Soit le schéma suivant :

Salle (Nom Horaire Titre)
Film (Titre Réalisateur Acteur)
Produit (Producteur Titre)
Vu (Spectateur Titre)
Aime (Spectateur Titre)

Exercices (2)

Écrire en algèbre, en calcul n-uplet et domaine.

1. Où et quant peut on voir le film “Mad Max...”?
2. Quels sont les films réalisés par Welles ?
3. Quels sont les acteurs de “Ran” ?
4. Où peut-on voir un film où joue Signoret ?
5. Quels sont les acteurs qui ont produit un film ?
6. Quels acteurs produisent un film dans lequel ils jouent ?
7. Quels sont les acteurs qui jouent dans les films de Truffaut ?
8. Quels acteurs jouent dans tous les films de Welles ?
9. Qui produit tous les films de Kurosawa ?
10. Quels spectateurs voient tous les films ?

Exercices (3)

1. Quels sont les spectateurs qui aiment tous les films qu'ils voient ?
2. Où peut on voir M. Brando après 16h ?
3. Quels films ne passent dans aucune salle ?
4. Qui produit un film qui ne passe dans aucune salle ?
5. Quels producteurs voient tous les films qu'ils produisent ?
6. Quels producteurs voient tous les films de Kurosawa ?
7. Quels spectateurs aiment un film qu'ils n'ont pas vu ?
8. Qui n'aime aucun film ?
9. Qui ne produit aucun film de Doillon ?
10. Quels sont les producteurs qui ne voient que les films qu'ils produisent ?

On rajoute union/disjonction

Où puis-je voir “Annie Hall” ou “Manhattan”?

- Algèbre avec union (algèbre PSJRU)

$$\pi_{Salle}(\sigma_{Titre=\text{“Annie Hall”}} Pariscope \cup \sigma_{Titre=\text{“Manhattan”}} Pariscope)$$

- Plusieurs règles

$$\begin{array}{lcl} ans(x_t) & \leftarrow & Pariscope(x_t, \text{“Annie Hall”}, x_s) \\ ans(x_t) & \leftarrow & Pariscope(x_t, \text{“Manhattan”}, x_s) \end{array}$$

- Calcul avec disjunction $\vee$

$$\{x_t \mid \exists x_s(Pariscope(x_t, \text{“Annie Hall”}, x_s) \vee Pariscope(x_t, \text{“Manhattan”}, x_s$$

Autres possibilités:

- Sélection plus complexes

$$\pi_{\text{Salle}}(\sigma_{Titre=\text{“Annie Hall”} \vee Titre=\text{“Manhattan”}} Pariscope)$$

- Constantes plus complexes

$$\pi_{Salle}(Pariscope \bowtie \{\langle Titre : \text{“Annie Hall”}\rangle, \langle Titre : \text{“Manhattan”}\rangle\})$$

On rajoute l'union (2)

Théorème d'équivalence reste vrai

Problème avec le calcul : $\{x, y \mid R(x) \vee R(y)\}$
Infini si on n'est pas prudent $\rightarrow$ formules sures

On rajoute la différence/négation

Dans quel film d'Hitchcock, n'a-t-il pas joué?
Quels films passent au Gaumont Opéra mais pas au Réal?

Algèbre relationnelle : PSJRU + différence
Calcul relationnel : $\exists, \wedge, \vee$ $\neg, \forall$
Rêgles : négation dans le corps des rêgles
$\pi_{Titre}\sigma_{Directeur=\text{“Hitchcock”}}(Film) - \pi_{Titre}\sigma_{Acteur=\text{“Hitchcock”}}(Film)$
nr-datalog$^\neg$ par l'exemple

$$
\begin{array}{lcl}
ans(x) & \leftarrow & Film(x, \text{“Hitchcock”}, z), \\
& & \neg Film(x, \text{“Hitchcock”}, \text{“Hitchcock”})
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lcl}
Hitch\text{-}Acteur(z) & \leftarrow & Film(x, \text{“Hitchcock”}, z) \\
not\text{-}ans(x) & \leftarrow & Film(x, y, z), \neg Hitch\text{-}Acteur(z) \\
ans(x) & \leftarrow & Film(x, y, z), \neg not\text{-}ans(x)
\end{array}
$$

Note: vérifier l'exemple

Calcul relationnel

On rajoute au calcul conjonctif $\neg$, $\vee$, $\forall$
$\varphi \vee \psi \equiv \neg(\neg\varphi \wedge \neg\psi)$, et $\forall x \varphi \equiv \neg\exists x \neg\varphi$
Terme : constante ou variable
Atome : $R(e_1, \ldots, e_n)$ (R nom de relation, $n = arit\acute{e}(R)$, chaque e_i est un terme)
Formules de base : atomes sur **R** + $e = e'$
Formules bien-formées

(a) $\neg\varphi$
(b) $(\varphi \wedge \psi)$, $(\varphi \vee \psi)$
(c) $\exists x\ \varphi$, $\forall x\ \varphi$

$$\begin{aligned}\varphi \rightarrow \psi &\equiv \neg\varphi \vee \psi \\ \varphi \leftrightarrow \psi &\equiv (\varphi \wedge \psi) \vee (\neg\varphi \wedge \neg\psi)\end{aligned}$$

Calcul relationnel

Variables libres et liées

littéral P : $free(P)$ = variables de P

$$free(\varphi \wedge \psi) = free(\varphi) \cup free(\psi) \quad free(\varphi \vee \psi) = free(\varphi) \cup free(\psi)$$
$$free(\neg\varphi) = free(\varphi)$$
$$free(\exists x \varphi) = free(\varphi) - \{x\} \quad free(\forall x \varphi) = free(\varphi) - \{x\}$$

Requêtes : $\{e_1, ..., e_n \mid \varphi\}$

variables de $e_1, ...e_n$ sont les variables libres de φ

$\{x_t \mid \exists x_a Film(x_t, \text{“Hitchcock”}, x_a) \;\wedge\; \neg Film(x_t, \text{“Hitchcock”}, \text{“Hitchcock”})\}$

$$\begin{array}{ll} \{x_t \mid & \exists x_d, x_a \; Film(x_t, x_d, x_a) \wedge \\ & \forall y_a \; (\exists y_d Film(x_t, y_d, y_a) \\ & \qquad \rightarrow \exists z_t \; Film(z_t, \text{“Hitchock”}, y_a))\} \end{array}$$

Sémantique du calcul

Problême : résultat fini

$$
\begin{array}{lll}
\textit{(non-sure-1)} & \{x & | \quad \neg \textit{Film}(\text{“Cries and Whispers”}, \text{“Bergman”}, x)\} \\
\textit{(non-sure-2)} & \{x, y & | \quad \textit{Film}(\text{“Cries and Whispers”}, \text{“Bergman”}, x) \\
 & & \qquad \vee \textit{Film}(y, \text{“Bergman”}, \text{“Ullman”})\}
\end{array}
$$

Solution A : variables prennent leurs valeurs dans le domaine actif
Solution B : interdire les requêtes non-sures $\leftarrow$
non-sure-3 $\{x \mid \forall y\ R(x, y)\}$
Résultats intermédiaires non finis

Sémantique domaine actif

valuations ν de *free*(φ) dans *adom*(q, **I**)

I *satisfait* φ pour ν

$\mathbf{I} \models_{adom} \varphi[\nu]$

(a) $\varphi = R(u)$ et $\nu(u) \in \mathbf{I}(R)$;

(b) $\varphi = (s = s')$ et $\nu(s) = \nu(s')$;

(c) $\varphi = (\psi \wedge \xi)$ et ($\mathbf{I} \models_{adom} \psi[\nu]$ et $\mathbf{I} \models_{adom} \xi[\nu]$);

(d) $\varphi = (\psi \vee \xi)$ et ($\mathbf{I} \models_{adom} \psi[\nu]$ ou $\mathbf{I} \models_{adom} \xi[\nu]$);

(e) $\varphi = \neg\psi$ et $\mathbf{I} \not\models_{adom} \psi[\nu]$,

(f) $\varphi = \exists x\ \psi$ et pour quelque $c \in adom$, $\mathbf{I} \models_{adom} \psi[\nu \cup \{x/c\}]$; ou

(g) $\varphi = \forall x\ \psi$ et pour chaque $c \in adom$, $\mathbf{I} \models_{adom} \psi[\nu \cup \{x/c\}]$.

Sémantique d'une requête

$$q_{adom}(\mathbf{I}) = \{\nu(\langle e_1, \ldots, e_n \rangle) \mid \mathbf{I} \models_{adom} \varphi[\nu], \\ \nu \text{ est une valuation sur } \mathit{free}(\varphi) \\ \text{dont l'image} \subseteq \mathit{adom}\}.$$

Exercice : la division

Opération redondante
I sur X, J sur Y $\subset$ X,
$sort(I \div J) = sort(I) - sort(J)$

$$I \div J \;=\; \{u \mid \forall v \in J, [u, v] \in I\}$$

Exemple: Quels acteurs jouent dans tous les films de Hitchcock?

$$\pi_{Title,Actor}\sigma_{Director=Hitchcock}(Movies)$$

$$\div$$

$$\pi_{Title}\sigma_{Director=Hitchcock}(Movies)$$

Exercice : Complément de jointure

I sur X, J sur Y, X ∩ Y = Z

$sort(I \overline{\bowtie} J) = X$,

$$I \overline{\bowtie} J = \{x \in I \mid \pi_Z(x) \notin \pi_Z(J)\}$$

Résultats

Théorème d'équivalence
algèbre $\leftrightarrow$ calcul $\leftrightarrow$ nr-datalog$^{\neg}$

Non-monotonie (différence)
Fermeture sous composition (à cause de l'algèbre)
Minimalité des opérateurs de l'algébre Projection Sélection Jointure Renomage Différence Union
Faible complexité (logspace, ptime, NC)
Tests d'équivalence et d'inclusion sont indécidables - donc optimisation difficile
Décidable pour les requêtes conjonctives - optimisation principalement pour RQ

De la théorie à la pratique

Algèbre et calcul relationnels sont équivalents
La traduction de l'un à l'autre est facile

Requete en calcul		*langage assertionnel*
$\downarrow$		
Compilation		
$\downarrow$		
Requete algebrique		*langage procedural*
$\downarrow$		
Optimisation		
$\downarrow$		
Langage machine	$\longrightarrow$	*Evaluation*

Merci