

IV. LES SYSTÈMES RELATIONNELS

1. Généralités

a) Objectifs du modèle relationnel

- 1) Permettre un haut degré d'indépendance entre les programmes d'application et la représentation interne des données.
- 2) Fournir une base solide pour traiter les problèmes de cohérence et de redondance des données. (Objectif non atteint par les systèmes hiérarchiques et réseau).
- 3) Permettre le développement de langages de manipulation de données non procéduraux basés sur des théories solides.
- 4) Être un modèle extensible permettant de modéliser et de manipuler simplement des données tabulaires, mais pouvant être étendu à des données complexes.
- 5) Devenir un standard.

b) Caractéristiques des systèmes relationnels

- langages d'interrogation puissants et déclaratifs
- accès orienté *valeur*
- résultat d'une requête : une relation, c'est-à-dire un ensemble de *tuples*

- grande simplicité et absence de considérations physiques
- description du schéma très réduite
- langage de description intégré au langage de manipulation et d'interrogation

- grande dynamique de structure

- architecture spécifique
- optimisation de requêtes

- utilisation interactive
- utilisation à partir d'un langage hôte

2. Le modèle relationnel

a) Définition en extension et en intention d'une relation

Définition en extension :

Relation = ensemble $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ d'*attributs*.

Chaque attribut A_i prend ses valeurs dans un domaine $\text{dom}(A_i)$.

$R \in (\text{dom}(A_1) \times \text{dom}(A_2) \times \dots \times \text{dom}(A_n))$

Tuple :

$t = \langle V_1, V_2, \dots, V_n \rangle$ où V_i est une valeur de $\text{dom}(A_i)$ ou la valeur nulle (NULL)

Notation : $R(A_1:D_1, A_2:D_2, \dots, A_n:D_n)$ ou plus simplement $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$

Degré : n (relation n-aire)

Cardinalité : nombre de tuples

Définition en extension

=

Vue des tuples contenus dans la relation R à un instant donné

Définition en intention : schéma de relation

Un *schéma de relation* R repose sur trois éléments :

- un ensemble d'attributs $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$;
- l'affectation d'un domaine $\text{dom}(A_i)$ à chaque attribut A_i ;
- un prédicat $[R(t)]$ permettant de décider de l'appartenance d'un tuple t à R.

Définition en intention

=

Propriétés communes et invariantes des tuples au cours du temps

Exemple de base de données relationnelle :

PIECE (NOP, DESIGNATION, COULEUR, POIDS)

SERVICE (NOS, INTITULE, LOCALISATION)

ORDRE (NOP, NOP, QUANTITE)

NOMENCLATURE (NOPA, NOPC, QUANTITE)

SERVICE

NOS	INTITULE	LOCALISATION
S1	DIFFUSION GP	Paris
S2	PROMOTION	Clermont-Fd
S3	DIFFUSION GR	Lyon
S4	PROMOTION	Moulins
S5	DIFFUSION GP	Clermont-Fd

NOMENCLATURE

NOPA	NOPC	QUANTITE
P6	P1	1
P6	P5	1
P7	P3	1
P7	P6	2

PIECE

NOP	DESIGNATION	COULEUR	POIDS
P1	Lavabo	ivoire	30
P2	Lavabo	bleu	30
P3	Baignoire	ivoire	50
P4	Baignoire	bleu	50
P5	Colonne	ivoire	10
P6	Lavabo luxe	ivoire	40
P7	Set luxe	ivoire	130

ORDRE

NOS	NOP	QUANTITE
S1	P1	10
S1	P2	40
S1	P3	20
S1	P4	15
S2	P1	10
S2	P3	20
S3	P2	15
S3	P4	10
S5	P3	15

Une instance de la base FABRICATION

b) Règles d'intégrité structurelles

Règles qui doivent être vérifiées par les données contenues dans la base.

Unicité de clé :

Clé : Sous-ensemble minimal d'attributs de la relation dont les valeurs permettent de distinguer les tuples les uns des autres.

Si K est une clé de R : $\forall t_1, t_2$ deux tuples de R, $t_1(K) \neq t_2(K)$.

Clés candidates : Toutes les clés potentielles.

Clé primaire : La clé que l'on choisit parmi les clés candidates. Sa valeur ne peut pas être nulle.

Superclé : Ensemble d'attributs contenant une clé.

Contraintes de références :

Domaine primaire : Domaine sur lequel une clé primaire est définie.

Clé étrangère : Attribut défini sur un domaine primaire et qui n'est pas clé primaire.

Principe d'intégrité de référence : Soit une relation R1 ayant une clé primaire X multi-attributs. Si l'attribut A de X est défini sur un domaine primaire D, alors, pour chaque valeur k de A dans R1, il doit exister une relation R2 dans la base de données avec une clé primaire mono-attribut définie sur D ayant k comme valeur. On dit aussi que la relation R1 est *référencante*, que R2 est *référéncée* et que A est *attribut référençant*.

Exemple :

```
ENTREPRISE (NOINSEE, DENOMINATION, ADRESSE)  
EMPLOYE (MATRICULE, NOM, PRENOM, AGE, NOINSEE)  
FOURNISSEUR (NOFOUR, NOM, ADRESSE)  
PIECE (NOPIECE, DESIGNATION)  
APPROVISIONNE (NOFOUR, NOPIECE, QUANTITE)
```

(Clés primaires soulignées, clés étrangères *en italiques*).

Contraintes de domaine :

Spécifie que les valeurs d'un attribut doivent respecter une condition logique.

Ex. SALAIRE \geq 5000 AND SALAIRE \leq 1000000, COULEUR \in {BLEU, BLANC, ROUGE}, etc.

3. L'algèbre relationnelle

- Ensemble d'opérateurs qui s'appliquent aux relations dans leur totalité.
- Résultat : nouvelle relation, qui peut à son tour être manipulée.

a) Opérateurs ensemblistes

Union :

$T = R \cup S$ ou $T = \text{UNION}(R,S)$
R et S doivent avoir même schéma.

Intersection :

$T = R \cap S$ ou $T = \text{INTERSECT}(R,S)$
R et S doivent avoir même schéma.

Différence :

$T = R - S$ ou $T = \text{MINUS}(R,S)$
R et S doivent avoir même schéma.

Produit cartésien :

$T = R \times S$ ou $T = \text{PRODUCT}(R,S)$

Division :

$T = R \div S$ ou $T = \text{DIVISION}(R,S)$

$R(A_1, A_2, \dots, A_n)$

$S(A_{p+1}, \dots, A_n)$

$T(A_1, A_2, \dots, A_p)$ contient tous les tuples tels que la concaténation à *chacun* des tuples de S donne toujours un tuple de R.

Ex : La division de ORDRE par TEMP fournit RES. RES est l'ensemble des services qui commandent P1 en quantité 10 et P3 en quantité 20.

TEMP		RES
NOP	QUANTITE	NOS
P1	10	S1
P3	20	S2

La division de ORDRE par TEMP donne RES

b) Opérateurs spécifiques

Projection :

$$T = \Pi\langle A, B, C\dots\rangle(R) \text{ ou } T = \text{PROJECT}(R / A, B, C\dots)$$

La projection de R sur un ensemble d'attributs A, B, C... est une relation T ne contenant que ces attributs.

LOCALISATION
Paris
Clermont-Fd
Lyon
Moulins

Projection de SERVICE sur LOCALISATION

Sélection (ou restriction) :

$$T = \sigma\langle Q\rangle(R) \text{ ou } T = \text{RESTRICT}(R/Q)$$

La restriction de R par une qualification Q est une relation T de même schéma contenant les tuples de R satisfaisant la qualification Q. Une qualification peut être *élémentaire* (condition booléenne de la forme $A = B$ ou $C \leq 10$) ou *complexe* (combinaison de qualifications élémentaires à l'aide des opérateurs booléens ET, OU, NON).

RES

NOS	INTITULE	LOCALISATION
S2	PROMOTION	Clermont-Fd
S5	DIFFUSION GP	Clermont-Fd

Restriction de SERVICE par LOCALISATION = 'Clermont-Ferrand'

Jointure :

Produit cartésien R x S suivie d'une qualification Q.

Cas particuliers :

- θ -jointure (ou θ -produit) : Qualification $A \theta B$ où A et B sont des attributs de R et S respectivement, dont les valeurs peuvent être rapprochées par l'opérateur θ .
- Équijointure : Qualification $A = B$ où A et B sont des attributs de R et S respectivement, prenant leur valeur dans le même domaine.
- Jointure naturelle : $T = \text{JOIN}(R,S)$ ou $T = R \bowtie S$, correspond à l'équijointure de R et S sur tous les attributs identiques dans R et S, suivie d'une projection permettant de conserver un seul exemplaire des attributs identiques.

TEMP

INTITULE	TYPE
DIFFUSION GP	10
DIFFUSION GR	12
PROMOTION	50

RES

NOS	INTITULE	LOCALISATION	TYPE
S1	DIFFUSION GP	Paris	10
S2	PROMOTION	Clermont-Fd	50
S3	DIFFUSION GR	Lyon	12
S4	PROMOTION	Moulins	50
S5	DIFFUSION GP	Clermont-Fd	10

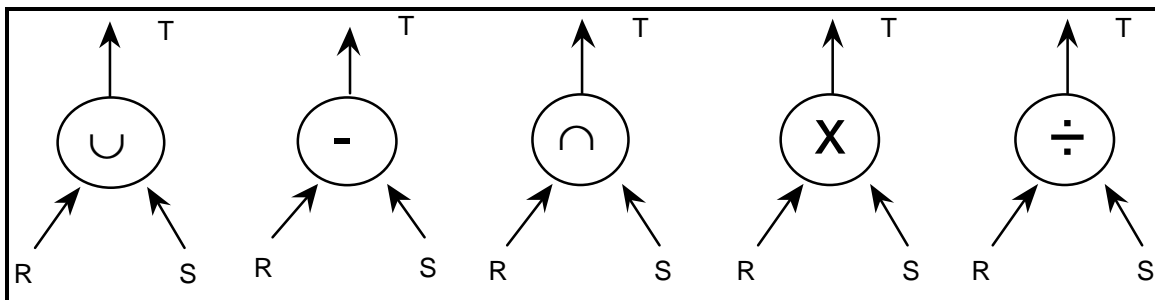
Jointure naturelle de SERVICE avec TEMP

c) *Fonctions d'agrégat*

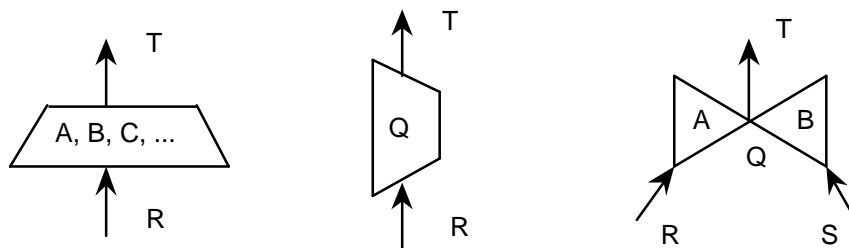
Calculs mathématiques sur un ensemble de valeurs extraites de la base

- SOMME
- MOYENNE
- MAXIMUM
- MINIMUM
- COMPTE

d) Représentation graphique des opérateurs



Représentation graphique des opérateurs union, différence, intersection, produit cartésien, division

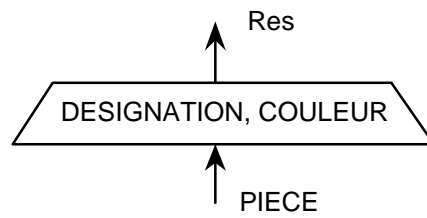


Représentation graphique des opérateurs projection, restriction, jointure

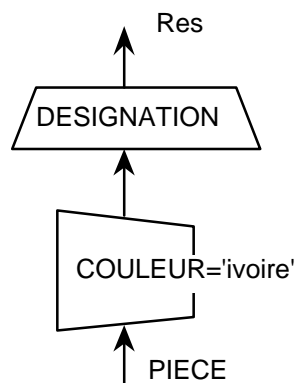
e) Expression de requêtes par composition des opérateurs

Requête : enchaînement de plusieurs opérations.
Représentation par un arbre.

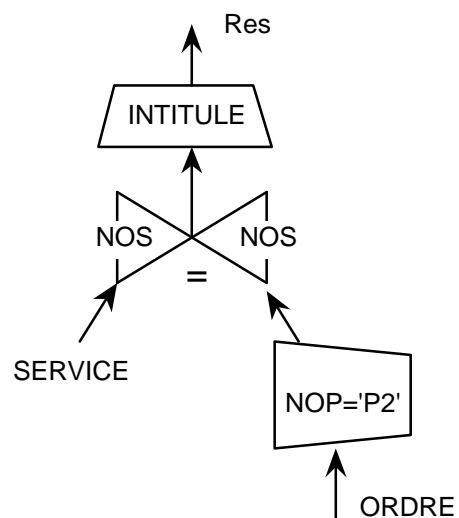
Désignation et couleur de toutes les pièces :



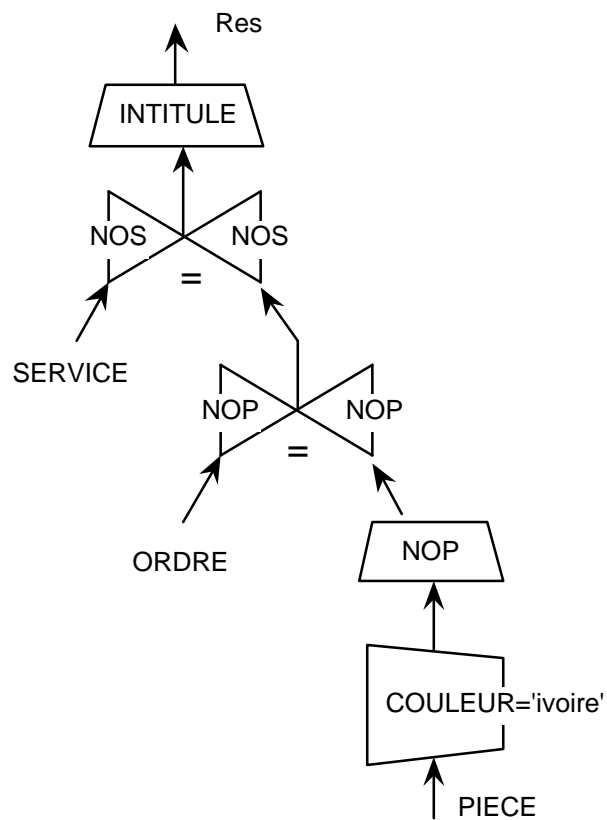
Désignation des pièces de couleur ivoire :



Intitulé des services ayant en commande la pièce P2 :

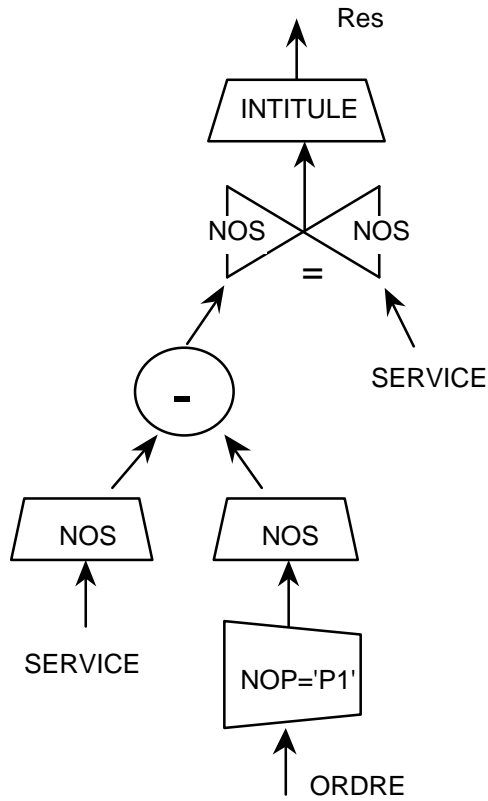


Intitulé des services ayant en commande au moins une pièce de couleur ivoire :



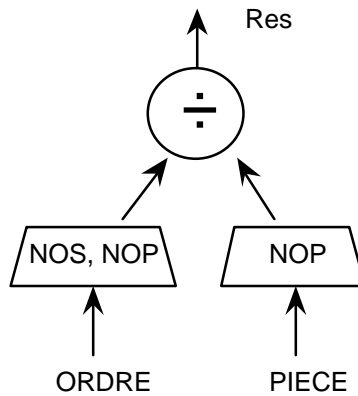
(Projection sur NOP optionnelle \Rightarrow problème d'optimisation).

Intitulé des services n'ayant pas en commande la pièce P1 :



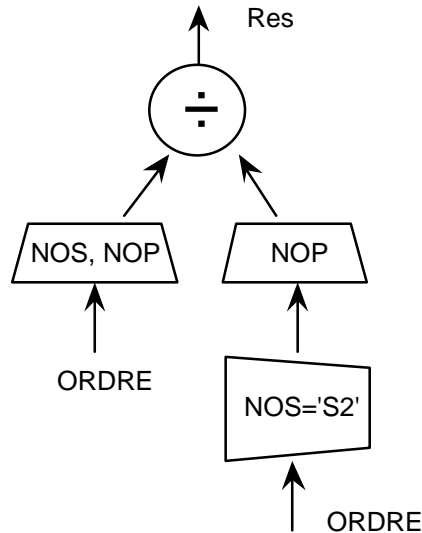
(Les deux projections sur NOS sont indispensables).

Numéro des services ayant en commande toutes les pièces :



(Les deux projections sont indispensables).

Numéro des services ayant en commande au moins toutes les pièces commandées au service S2 :



4. Mise en œuvre des langages relationnels

SEQUEL (Structured English QUery Language) d'IBM
SQL (Structured Query Language) version commercialisée de SEQUEL
QUEL (système INGRES)
QBE (Query By Example)

Approches possibles pour la mise en œuvre :

- langage autonome,
- intégration dans un langage de programmation,
- extension d'un langage de programmation.

5. Classification des SGBD relationnels

Classification de CODD à quatre niveaux.

Niveau 1 : *Systèmes non relationnels*. Systèmes qui supportent uniquement la structure tabulaire.

Niveau 2 : *Systèmes relationnellement minimaux*. Systèmes qui permettent les opérations de sélection, projection et jointure.

Niveau 3 : *Systèmes relationnellement complets*. Systèmes qui offrent toutes les opérations de l'algèbre relationnelle.

Niveau 4 : *Systèmes relationnellement pleins*. Systèmes qui permettent la définition des deux contraintes d'intégrité.

6. Exercice

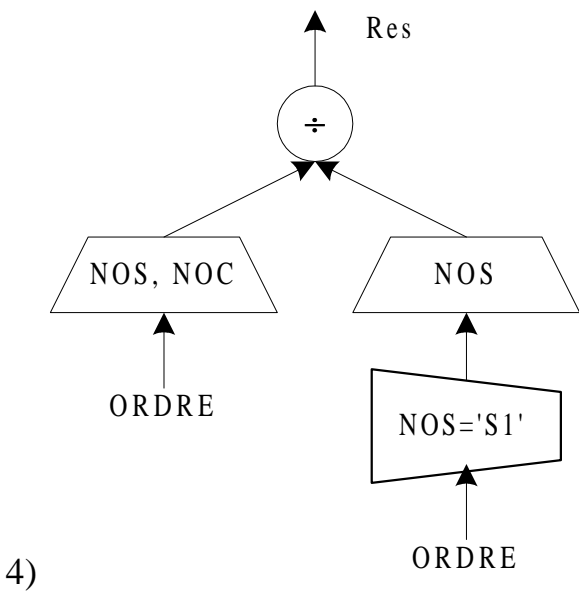
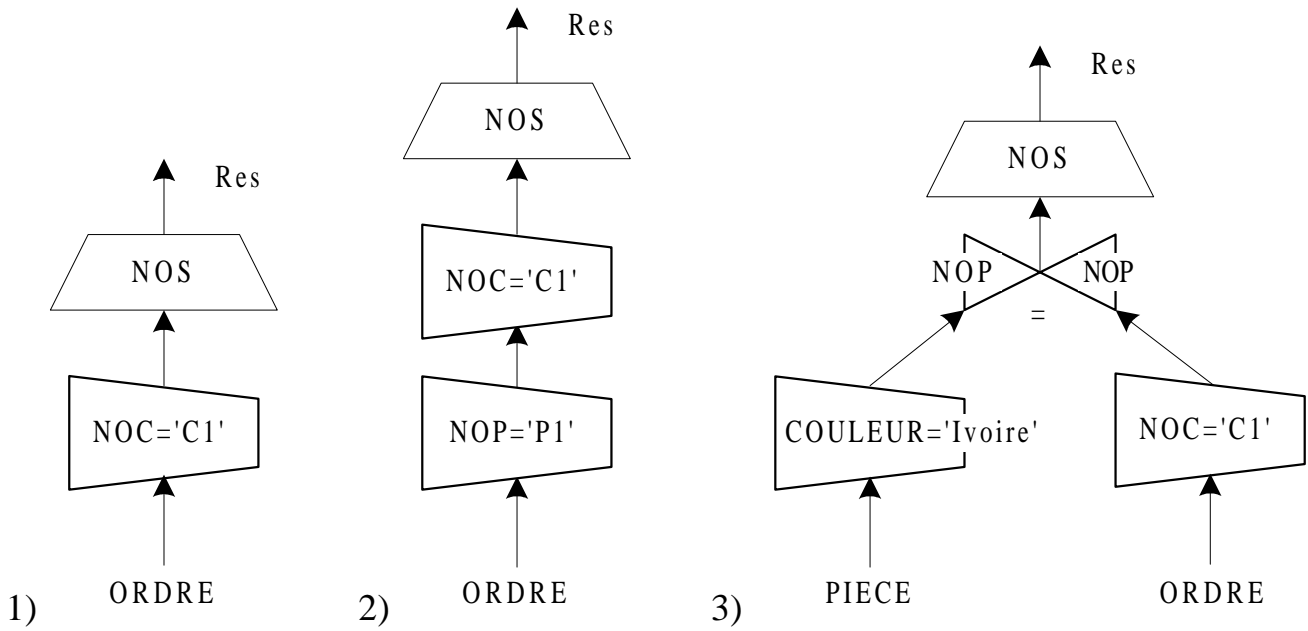
On décide de remanier la base FABRICATION pour introduire une nouvelle table CLIENT. En effet, les différents ordres de fabrication adressés par les services sont élaborés pour le compte des clients de l'entreprise. La table ORDRE est remaniée en introduisant le numéro de client NOC de façon à rattacher chaque ordre au client correspondant. La nouvelle base, appelée COMMANDE, a la structure suivante.

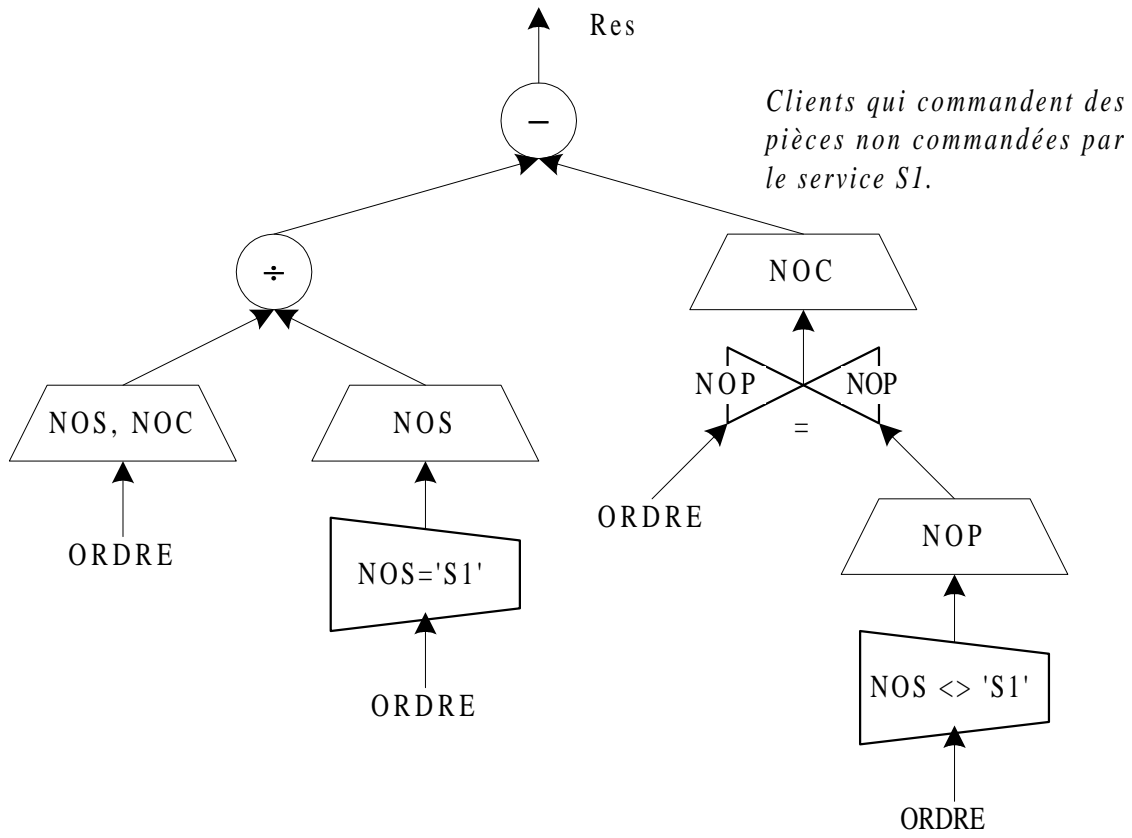
```
CLIENT (NOC, NOM, ADRESSE)
SERVICE (NOS, INTITULE, LOCALISATION)
PIECE (NOP, DESIGNATION, COULEUR, POIDS)
ORDRE (NOP, NOS, NOC, QUANTITE)
```

Proposer, en algèbre relationnelle, une formulation des requêtes suivantes.

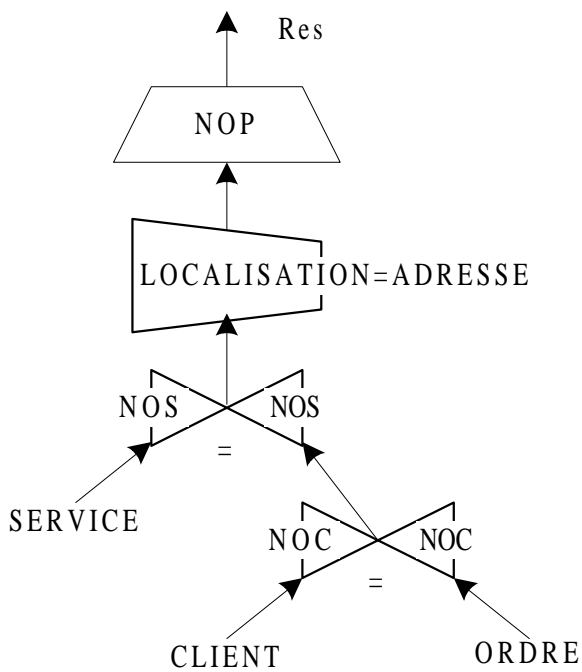
- 1) Donner les valeurs de NOS pour les services qui ont commandé pour le client C1.
- 2) Donner les valeurs de NOS pour les services qui ont commandé une pièce P1 pour le client C1.
- 3) Donner les valeurs de NOS pour les services qui ont commandé une pièce de couleur ivoire pour le client C1.
- 4) Donner les valeurs de NOC pour les clients qui ont en commande au moins toutes les pièces commandées par S1.
- 5) Donner les valeurs de NOC pour les clients qui ont en commande des pièces figurant uniquement dans les commandes du service S1.
- 6) Donner les valeurs de NOP pour les pièces qui sont commandées au niveau local (pour ces pièces, l'adresse du client et la localisation du service sont identiques).

Correction de l'exercice





5)



6)