

Chap. 4: Le modèle de données relationnel

Origine: E.F. Codd (1970).

Modèle proche du modèle entité-association
→ présentation synthétique

Intérêt (pour nous):

- SGBD relationnels = tendance actuelle des réalisations informatiques. Langages d'interaction avec la BD tel que SQL
- modèle accompagné d'une *algèbre relationnelle*
→ interrogation de la base de données
- structure de données la plus simple et la plus uniforme; bases théoriques solides (théorie des ensembles).

Concepts de bases: relation, attribut et domaine.

Domaine

Définition: “un domaine est un ensemble dénombrable de valeurs caractérisé par un nom”.

Exemple:

- sortes-de-raisin = {chardonnay, sémillon, pinot, cabernet-sauvignon}
- couleurs = {rosé, blanc, rouge}
- noms = l'ensemble des noms de personnes
- string = toutes les chaînes de caractères possibles
- ...

Rappel produit cartésien:

Le produit cartésien d'une liste de 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* $\langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$ où v_1 est une valeur de D_1 , v_2 une valeur de D_2, \dots et v_n une valeur de D_n .

Domaine et produit cartésien (suite)

Exemple: le produit cartésien sortes-de-raisin \times couleurs est composé des 12 tuples suivants

chardonnay	rosé
chardonnay	blanc
chardonnay	rouge
sémillon	rosé
sémillon	blanc
sémillon	rouge
pinot	rosé
pinot	blanc
pinot	rouge
cabernet-sauvignon	rosé
cabernet-sauvignon	blanc
cabernet-sauvignon	rouge

Relation

Définition: “une *relation* est un sous-ensemble du produit cartésien d’une liste de domaines caractérisé par un nom”.

Représentation (commode):

table à 2 dimension. Chaque ligne correspond à un tuple, chaque colonne correspond à un domaine.

Exemple:

La relation “sorte-de-vin” est un sous ensemble du produit cartésien sortes-de-raisin \times couleurs.

domaine

↓

sorte-de-vin

chardonnay	blanc
sémillon	blanc
pinot	rosé
pinot	blanc
pinot	rouge
cabernet-sauvignon	rouge

← tuple

Remarque: afin de rendre l’ordre des colonnes sans importance, on associe un nom à chaque colonne
→ notion d’*attribut*.

Attribut

Définition: “colonne d’une relation caractérisée par un nom. Rôle joué par un domaine dans la relation”.

Le nom associé à un attribut est souvent porteur de sens et souvent différent du domaine sur lequel est défini l’attribut.

Exemple:

sorte-de-vin

cépage	couleur-vin
chardonnay	blanc
sémillon	blanc
pinot	rosé
pinot	blanc
pinot	rouge
cabernet-sauvignon	rouge

Analogie avec le modèle entité-association

- les colonnes (attributs du modèle relationnel) ne sont rien d’autres que les attributs du modèle E-A
- les lignes correspondent aux occurrences d’une entité ou d’une association du modèle E-A

Extension (instance), intention et schéma d'une relation

Notions identiques à celles d'extension, d'intention et de schéma d'une entité ou d'une association dans le modèle E.A.

Extension, instance de relation ou relation : ensemble des tuples d'une relation qui existent dans la base de données à un instant donné.

Intention: structure d'une relation. La structure d'une relation est décrite par un *schéma* de relation.

Définition: "le *schéma d'une relation* est constitué par le nom de la relation suivi de la liste des attributs et de la définition de leurs domaines".

Exemples:

SORTE-DE-VIN

cépage:sortes-de-raisin	couleur-vin: couleurs
-------------------------	-----------------------

CRU

nom-cru: string	région:string	commune:string	couleur-cru: couleurs
-----------------	---------------	----------------	-----------------------

VIN

région:string	couleur-vin: couleurs	mil-lésime:année	appréciation:qualités	maturité:conservation
---------------	-----------------------	------------------	-----------------------	-----------------------

Notation du modèle relationnel

- Les lettres Q, R, S dénotent des noms de schéma de relation.
- Les lettres q, r, s dénotent des relations (ou instance de relation).
- Les lettres t, u, v dénotent des tuples.
- Un schéma de relation d'arité n est représenté par $R(A_1: D_1, A_2: D_2, \dots, A_n: D_n)$. Lorsque les domaines des attributs sont évidents, on notera $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$.
- Etant donné un attribut A_i , $\text{dom}(A_i)$ indique son domaine, c'est-à-dire D_i .
- $r(R)$ dénote une relation (ou instance de relation) sur un schéma R.
- Un n-tuple de $r(R)$ est représenté par $t = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$ où v_i est la valeur correspondant à l'attribut A_i . Dans ce cas, $t(A_i)$ se réfère à la valeur v_i du tuple t.
- $\|R(A_1, A_2, \dots, A_n)\|$ représente le prédicat associé à R.

Prédicat d'une relation

Le prédicat d'une relation R , noté $\|R (A_1, A_2, \dots, A_n)\|$, définit la sémantique de la relation R .

Exemple, le prédicat de la relation **SORTE-DE-VIN**:

$\| \text{SORTE-DE-VIN (cépage, couleur-vin)} \|$: "Avec le cépage **cépage** on peut produire du vin de couleur **couleur-vin**".

Pour une relation, il n'existe qu'un seul prédicat \rightarrow une seule interprétation des données.

Pour chaque tuple t de $r(R)$, $\|R (A_1, A_2, \dots, A_n)\|(t)$ est vrai.

Relation (remarque)

Les relations peuvent représenter des *entités* ou des *associations* du monde réel.

Exemples

La relation “**auteur**(nom-auteur, âge, adresse)” représente le fait que chaque occurrence d'*entité auteur* a un nom, un âge et une adresse.

La relation “**article**(titre-article, résumé)” représente le fait que chaque occurrence d'*entité article* a un titre et un résumé.

La relation “**écriture**(nom-auteur, titre-article)” représente le fait qu'un auteur écrit un article. Un tuple de la relation **écriture** associe un tuple de la relation auteur à un tuple de la relation article.

→ le modèle relationnel représente de manière *uniforme* les entités et les associations sous forme de *relations*.

Règles d'intégrité

Définition: "les règles d'intégrité (R.I.) sont des assertions qui doivent être vérifiées à tout moment par les données contenues dans la base de données".

Remarque: notion équivalente à celle de contrainte d'intégrité du modèle E.A.

Trois type de R.I. complètent *obligatoirement* la description d'un schéma relationnel:

- (1) contrainte de clé
- (2) contrainte de référence
- (3) contrainte d'entité

(1) *Contrainte de clé*

Définition: "la *clé* d'une relation est un ensemble d'attributs minimum dont la connaissance permet d'identifier un tuple unique de la relation considérée".

Définition: "La *contrainte de clé* impose que chaque relation possède une clé".

Remarques:

- il peut exister plusieurs clés → on en choisit une une arbitrairement
- notion équivalente à l'*identifiant* dans le modèle E.A.

Règles d'intégrité obligatoires (suite)

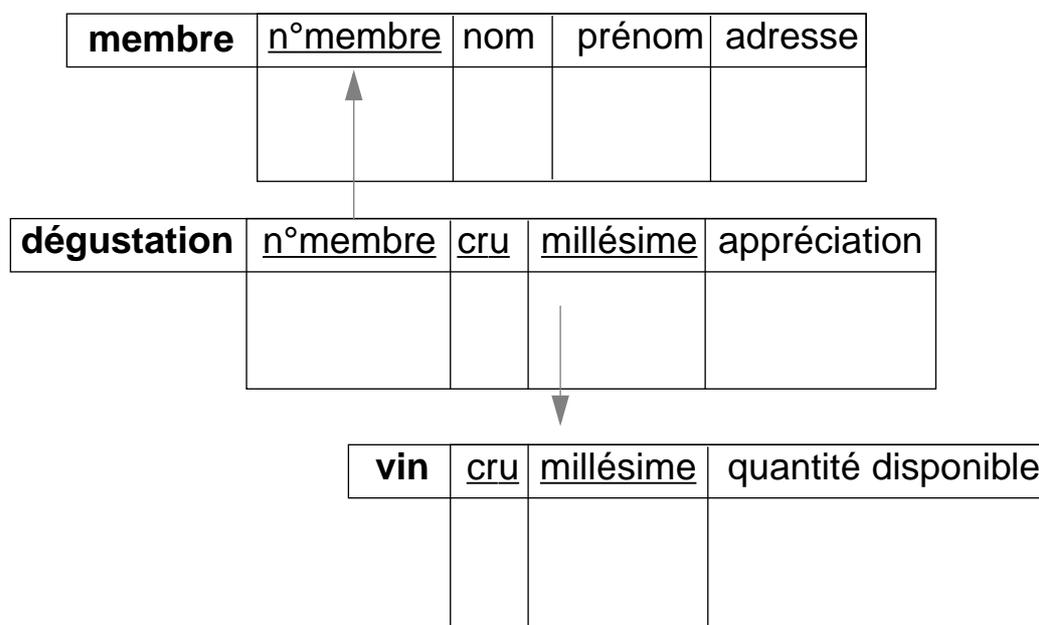
(2) Contrainte de référence (C.R.)

Définition: "une *contrainte de référence* porte sur une relation *r* et impose que la valeur d'un groupe d'attributs apparaisse comme valeur de clé dans une autre relation *s*".

→ une C.R. impose que tout tuple d'une relation *r* qui se réfère à une relation *s* doit se référer à un tuple *existant* dans la relation *s*.

Une telle contrainte s'applique en général sur des relations qui décrivent des associations de la réalité perçue.

Exemple: la relation **dégustation** ci-dessous a deux C.R.



Règles d'intégrité obligatoires (suite)

(3) Contrainte d'entité

Définition: "la contrainte d'entité impose que tout attribut faisant partie de la clé d'une relation soit non nul".

La vérification de cette contrainte doit se faire chaque fois que l'on insère un tuple dans la base de données.

Schéma et instance d'une base de données relationnelle

Une base de données contient généralement plusieurs relations.

Définition: “le *schéma* d'une base de données relationnelle est constitué d'un ensemble de schémas de relation $SR=\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ et d'un ensemble de règles d'intégrité $RI=\{R.I._1, R.I._2, \dots, R.I._m\}$ ”.

Définition: “l'*instance* d'une base de données relationnelle est constituée d'un ensemble de relations (ou instances de relation) $BD=\{r(R_1), r(R_2), \dots, r(R_n)\}$ t.q. chaque relation $r(R_i)$ satisfait l'ensemble des règles d'intégrité RI ”.

Mise à jour des données dans la base de données

3 opérations de base: *insertion*, *modification* et *suppression* d'un tuple dans une relation.

Soit le schéma de la relation **cru**:

CRU

nom-cru: string	région:string	commune:string	couleur-cru: couleurs
------------------------	----------------------	-----------------------	----------------------------------

(1) Insertion

Exemple: INSERER(**cru**; nom-cru="Château Latour", région="Bordeaux", commune="Pauillac", couleur-vin=rouge)

(2) Modification

Cette opération permet de modifier une *partie* d'un tuple.

Exemple: MODIFIER(**cru**; nom-cru="Bonnes-Mares", commune="Chambolle-Musigny")

(3) Suppression

Exemple: SUPPRIMER(**cru**; nom-cru="Château Gruaud-Larose-Sarget")

Remarque: il suffit de spécifier le nom de la relation et la valeur de l'attribut (des attributs) clé.

Algèbre relationnelle

“Collection d’opérations formelles agissant sur des *relations* et produisant des *relations* en résultat”.

Analogie: l’algèbre relationnelle est aux relations ce que l’arithmétique est aux nombres entiers.

But: spécifier des *interrogations* sur une base de données pour en tirer des informations.

Moyen:

- combinaison de relations entre elles;
- sélection de tuples;
- sélection d’attributs.

4 opérations ensemblistes:

- union
- intersection
- différence
- produit cartésien

3 opérations spécifiques des BD relationnelles:

- sélection
- projection
- jointure

Opérations ensemblistes

Union (\cup), intersection (\cap) et différence ($-$)

- opérations binaires
- restriction: les deux relations doivent avoir le même schéma de relation (les noms d'attribut peuvent être éventuellement différents)
- type du résultat: si r et s sont des relations sur le schéma R , alors $r \cup s$, $r \cap s$ et $r - s$ sont toutes des relations sur le schéma R .

Exemple:

Soit les relations **auteur** et **rédEnChef** sur le schéma PERSONNE(NOM,PRÉNOM)

auteur	NOM	PRÉNOM
	Hélène	Greco
	Matile	François
	Monnier	Claude

rédEnChef	NOM	PRÉNOM
	Ribeaud	José
	Monnier	Claude
	Pillet	Jacques

alors

auteur \cup rédEnChef

NOM	PRÉNOM
Hélène	Greco
Matile	François
Monnier	Claude
Ribeaud	José
Pillet	Jacques

auteur \cap rédEnChef

NOM	PRÉNOM
Monnier	Claude

auteur $-$ rédEnChef

NOM	PRÉNOM
Hélène	Greco
Matile	François

Opérations ensemblistes (suite)

Produit cartésien (\times)

- opération binaire
- résultat: relation qui a pour schéma la juxtaposition des deux schémas opérande et pour tuples toutes les combinaisons de tuples des deux relations opérande

Exemple:

cru	NOM-CRU	COUL.	RÉGION
	ch. Margaux	rouge	bordeaux
	ch. Latour	rouge	bordeaux
	clos Vougeot	rouge	bourgogne

×

vins	R.PROD.	COUL.	MILL.	QUALITÉ
	bordeaux	rouge	1990	très bonne
	bordeaux	blanc	1990	excellente
	bourgogne	rouge	1990	excellente
	bourgogne	blanc	1990	bonne

NOM-CRU	COUL.	RÉGION	R.PROD.	COUL.	MILL.	QUALITÉ
ch. Margaux	rouge	bordeaux	bordeaux	rouge	1990	très bonne
ch. Margaux	rouge	bordeaux	bordeaux	blanc	1990	excellente
ch. Margaux	rouge	bordeaux	bourgogne	rouge	1990	excellente
ch. Margaux	rouge	bordeaux	bourgogne	blanc	1990	bonne
ch. Latour	rouge	bordeaux	bordeaux	rouge	1990	très bonne
ch. Latour	rouge	bordeaux	bordeaux	blanc	1990	excellente
ch. Latour	rouge	bordeaux	bourgogne	rouge	1990	excellente
ch. Latour	rouge	bordeaux	bourgogne	blanc	1990	bonne
clos Vougeot	rouge	bourgogne	bordeaux	rouge	1990	très bonne
clos Vougeot	rouge	bourgogne	bordeaux	blanc	1990	excellente
clos Vougeot	rouge	bourgogne	bourgogne	rouge	1990	excellente
clos Vougeot	rouge	bourgogne	bourgogne	blanc	1990	bonne

Commentaire: certains tuples résultat n'ont pas de sens!

Opérations spécifiques des BD relationnelles. Opération de sélection

Sélection (σ)

- opération unaire
- résultat: relation composée des tuples qui vérifient une condition spécifiée dans la sélection
- expression de la condition:
 - des opérands (noms d'attribut et valeurs de dom.)
 - des opérateurs logiques (=, <, ≤, >, ≥, ≠)
 - des connecteurs logiques (\neg , \wedge et \vee)

Exemple:

$\sigma_{(\text{COUL.}=\text{rouge}) \wedge (\text{QUALITÉ} \geq \text{très bonne})} (\text{vins})$

vins	R.PROD.	COUL.	MILL.	QUALITÉ
	bordeaux	rouge	1990	très bonne
	bordeaux	blanc	1990	excellente
	bourgogne	rouge	1990	excellente
	bourgogne	blanc	1990	bonne
	bordeaux	rouge	1991	moyenne
	bordeaux	blanc	1991	médiocre
	bourgogne	rouge	1991	moyenne
	bourgogne	blanc	1991	moyenne

Commentaire: cette sélection correspond à l'interrogation "Quels sont les vins rouges de très bonne qualité ?".

Opération de projection

Projection (π)

- opération unaire qui consiste à enlever à la relation initiale tous les attributs non mentionnés dans la projection et à éliminer les tuples à double
- résultat: relation restreinte aux attributs spécifiés dans la projection

Exemples:

- $\pi_{\text{NOM-CRU}}(\text{cru})$

cru	NOM-CRU	COUL.	RÉGION
	ch. Margaux	rouge	bordeaux
	ch. Latour	rouge	bordeaux
	clos Vougeot	rouge	bourgogne

- $\pi_{\text{R.PROD, MILL.}}(\text{vins})$

vins	R.PROD.	COUL.	MILL.	QUALITÉ
	bordeaux	rouge	1990	très bonne
	bordeaux	blanc	1990	excellente
	bourgogne	rouge	1990	excellente
	bourgogne	blanc	1990	bonne
	bordeaux	rouge	1991	moyenne
	bordeaux	blanc	1991	médiocre
	bourgogne	rouge	1991	moyenne
	bourgogne	blanc	1991	moyenne

Commentaire: ...

Opération de jointure

Jointure (\bowtie)

- opération binaire (sur les relations **r** et **s**)
- résultat: relation qui contient l'ensemble de tous les tuples obtenus en concaténant un tuple de **r** et un tuple de **s** vérifiant une condition (*condition de jointure*)
- expression de la *condition de jointure* :
 $\langle \text{condition}_1 \rangle \wedge \langle \text{condition}_2 \rangle \wedge \dots \wedge \langle \text{condition}_n \rangle$
 où chaque $\langle \text{condition}_i \rangle$ est de la forme $(A \theta B)$, A est un attribut de **r**, B un attribut de **s**, A et B ont le même domaine et θ est un opérateur de comparaison ($=, >, \dots$)

Exemple: $\text{cru} \bowtie (\text{COUL.} = \text{COUL.}) \wedge (\text{RÉGION} = \text{R.PROD}) \text{vins}$

cru	NOM-CRU	COUL.	RÉGION
	ch. Margaux	rouge	bordeaux
	ch. Latour	rouge	bordeaux
	clos Vougeot	rouge	bourgogne

$\bowtie (\text{COUL.} = \text{COUL.}) \wedge (\text{RÉGION} = \text{R.PROD})$

vins	R.PROD.	COUL.	MILL.	QUALITÉ
	bordeaux	rouge	1990	très bonne
	bordeaux	blanc	1990	excellente
	bourgogne	rouge	1990	excellente
	bourgogne	blanc	1990	bonne



NOM-CRU	COUL.	RÉGION	R.PROD.	COUL.	MILL.	QUALITÉ
ch. Margaux	rouge	bordeaux	bordeaux	rouge	1990	très bonne
ch. Latour	rouge	bordeaux	bordeaux	rouge	1990	très bonne
clos Vougeot	rouge	bourgogne	bourgogne	rouge	1990	excellente

Opération de jointure (variantes)

Equi-jointure

- si le seul opérateur θ utilisé dans la condition de jointure est l'égalité, l'opération est appelée *équi-jointure*

Jointure naturelle

- dans le cas de l'équi-jointure, les colonnes jointes ont toujours un contenu identique, on en supprime une: dans ce cas l'opération est appelée *jointure naturelle*
- restriction: il faut que les attributs à joindre portent le même nom

Exemple: cru \bowtie vins

cru	NOM-CRU	COUL.	RÉGION
	ch. Margaux	rouge	bordeaux
	ch. Latour	rouge	bordeaux
	clos Vougeot	rouge	bourgogne



vins	RÉGION	COUL.	MILL.	QUALITÉ
	bordeaux	rouge	1990	très bonne
	bordeaux	blanc	1990	excellente
	bourgogne	rouge	1990	excellente
	bourgogne	blanc	1990	bonne



NOM-CRU	COUL.	RÉGION	MILL.	QUALITÉ
ch. Margaux	rouge	bordeaux	1990	très bonne
ch. Latour	rouge	bordeaux	1990	très bonne
clos Vougeot	rouge	bourgogne	1990	excellente

Expressions algébriques

Rappel: le résultat d'une opération algébrique est une relation

→ cette nouvelle relation peut à son tour être utilisée dans une opération algébrique

Règles d'écriture

On obtient une **expression algébrique bien formée (eabf)** en appliquant les règles suivantes:

- (i) un nom de relation est une eabf
- (ii) si E_1 et E_2 sont des eabf, alors
 - 4) $(E_1 \cup E_2)$, $(E_1 \cap E_2)$ et $(E_1 - E_2)$ sont des eabf pour autant que E_1 et E_2 aient le même schéma
 - 5) $(E_1 \times E_2)$ est une eabf
 - 6) $(E_1 \bowtie_{\langle \text{condition} \rangle} E_2)$ est une eabf si tous les attributs de la condition \in aux schémas de E_1 et de E_2
 - 7) $\pi_{\langle \text{liste d'attributs} \rangle} (E_1)$ est une eabf si tous les attributs de la liste \in au schéma de E_1
 - 8) $\sigma_{\langle \text{condition} \rangle} (E_1)$ est une eabf si tous les attributs de la condition \in au schéma de E_1
- (iii) rien d'autre n'est une eabf

Ensemble d'opérations complète pour l'algèbre relationnelle

On peut montrer que $\{\sigma, \pi, \cup, -, \times\}$ est un ensemble complet, c-à-d que l'on peut exprimer les autres opérations comme une séquence d'opérations de cet ensemble:

- $r \cap s \equiv (r \cup s) - ((r - s) \cup (s - r))$
- $r \bowtie_{\langle \text{condition} \rangle} s \equiv \sigma_{\langle \text{condition} \rangle}(r \times s)$

Exemples d'expressions algébriques

portant sur les trois relations **cru**, **vins**, **cépage-région**:

- **CRU**(*nom-cru*:string, *commune*:string, *région*: string, *coul.*: couleurs)
où couleurs = {rosé, blanc, rouge}
Prédicat: ||*cru*(*nom-cru*, *commune*, *région*, *coul.*)||
“Le cru qui s’appelle *nom-cru* est produit dans la commune de *commune* se trouvant dans la région de *région* et la couleur du cru est *coul.*”
- **VINS**(*région*:string, *coul.*:couleurs, *mill.*:entier, *qualité*: qualités)
où qualités = {médiocre, passable, moyenne, bonne, très bonne, excellente}
||*vins*(*région*, *coul.*, *mill.*, *qualité*) || “Le millésime *mill.* des vins *coul.* de *région* est de *qualités* *qualité*”.
- **CÉPAGE-RÉGION**(*cépage*: sortes-de-raisin, *r.prod.*: string, *coul.*: couleurs)
où sortes-de-raisin = {chardonnay, sémillon, pinot noir, cabernet-sauvignon}
||*cépage-région*(*cépage*, *r.prod.*, *coul.*)|| “Dans la région de *r.prod.* le vin *coul.* est produit principalement avec du *cépage*”.

Exemples d'expression algébrique (suite)

Soit les instances de **cru**, **vins**, et **cépage-région** :

cru	NOM-CRU	COMMUNE	RÉGION	COUL
	Ch. Margaux	Margaux	Bordeaux	rouge
	Ch. Rausan-Ségla	Margaux	Bordeaux	rouge
	Ch. Margaux	Pauillac	Bordeaux	rouge
	Ch. Lynch-Bages	Pauillac	Bordeaux	rouge
	Ch. Lagrange	St. Julien	Bordeaux	rouge
	Ch. d'Yquem	Sauternes	Bordeaux	blanc
	Ch. Myrat	Barsac	Bordeaux	blanc
	Clos Vougeot	Vougeot	Bourgogne	rouge
	Corton	Aloxe-Corton	Bourgogne	rouge
	Les Épenots	Pommard	Bourgogne	rouge
	Les Gravières	Santenay	Bourgogne	rouge
	Les Perrières	Meursault	Bourgogne	blanc
	Clos Vougeot	Meursault	Bourgogne	blanc
	Clos Vougeot	Meursault	Bourgogne	blanc

vins	RÉGION	COUL.	MILL.	QUALITÉ
	Bordeaux	rouge	1990	très bonne
	Bordeaux	blanc	1990	excellente
	Bourgogne	rouge	1990	excellente
	Bourgogne	blanc	1990	bonne
	Bordeaux	rouge	1991	moyenne
	Bordeaux	blanc	1991	médiocre
	Bourgogne	rouge	1991	moyenne
	Bourgogne	blanc	1991	moyenne

cépage-région	CÉPAGE	R. PROD	COUL
	Cabernet-Sauvignon	Bordeaux	rouge
	Pinot noir	Bourgogne	rouge
	Sémillon	Bordeaux	blanc
	Chardonnay	Bourgogne	blanc
	Chardonnay	Champagne	blanc

Exemples d'expression algébrique (suite)

Q1: "Tous les crus"

Expression algébrique:

Réponse:

Q2: "Tous les crus rouges"

Expr:

Rép:

Q3: "La liste des noms de crus rouges"

Expr:

Rép:

Exemples d'expression algébrique (suite)

Q4: "À partir de quel cépage principal est produit le Meursault blanc?"

Expr:

Rép:

Q5: "Quels sont les bons millésimes du Château Latour?" (i.e. bon, très bon ou excellent)

Expr:

Rép:

Q6: "Quels sont les crus rouges et leur millésime qui sont de bonne qualité?"

Expr:

Rép:

Q7: "Quels sont les millésimes où les Bourgognes blancs sont de qualité supérieure au Bordeaux blanc?"

Expr:

Rép:

Récapitulation opérations de l'algèbre relationnelle

Opération	Résultat	Notation
SELECTION	Sélectionne dans la relation r tous les tuples qui vérifient la condition de sélection.	$\sigma_{\langle \text{cond. de sélection} \rangle}(r)$
PROJECTION	Produit à partir de r une nouvelle relation dont le schéma est restreint aux attributs figurant dans la liste d'attributs de la projection.	$\pi_{\langle \text{liste d'attributs} \rangle}(r)$
UNION	Produit une nouvelle relation qui contient tous les tuples de la relation r et tous les tuples de la relation s. Les relations r et s doivent être définies sur le même schéma.	$r \cup s$
INTERSECTION	Produit une nouvelle relation qui contient tous les tuples appartenant à la fois à la relation r et à la relation s. Les relations r et s doivent être définies sur le même schéma.	$r \cap s$
DIFFERENCE	Produit une nouvelle relation qui contient tous les tuples appartenant à r mais pas à s. Les relations r et s doivent être définies sur le même schéma.	$r - s$
PRODUIT CARTESIEN	Produit une nouvelle relation dont le schéma est défini par la juxtaposition des attributs de r et de s et qui contient toutes les combinaisons possibles des tuples de r et de s.	$r \times s$
JOINTURE	Produit toutes les combinaisons possibles des tuples de r et de s qui vérifient la condition de jointure.	$r \bowtie_{\langle \text{cond de jointure} \rangle} s$
EQUI JOINTURE	Idem que la JOINTURE mais l'égalité est le seul opérateur qui apparaît dans la condition de jointure.	$r \bowtie_{\langle \text{cond de jointure} \rangle} s$
JOINTURE NATURELLE	Idem que l'EQUI JOINTURE mais les attributs de jointure de s sont absents de la relation résultat. Les attributs de jointure de r et de s doivent porter les mêmes noms.	$r \bowtie s$

Traduction d'un schéma E.A. en schéma relationnel

Étape 1: entité → schéma de relation

Pour chaque entité, on construit un schéma de relation avec les mêmes attributs que l'entité et comme clé l'identifiant de l'entité (si l'entité est de type faible, chaque nom de rôle contenu dans l'identifiant devient un attribut du schéma de relation). Pour un attribut composé, on n'inclut que les attributs atomiques qui le composent.

Étape 2: association avec cardinalité (1,1) → attributs

Pour chaque association définie sur un rôle avec une cardinalité (1,1), on ajoute au schéma de relation correspondant à l'entité qui assume ce rôle les attributs éventuels de l'association ainsi que les noms des autres rôles sur lesquels l'association est définie.

Étape 3: association avec cardinalité (0,1) → attributs

Pour chaque association sans cardinalité (1,1) mais définie sur un rôle avec une cardinalité (0,1), on ajoute au schéma de relation correspondant à l'entité qui assume ce rôle les noms des autres rôles sur lesquels l'association est définie et les attributs éventuels de l'association.

Étape 4: association avec cardinalités (...N) → schéma de relation

Pour chaque association définie uniquement sur des rôles avec des cardinalités (...N), on construit un schéma de relation avec comme attributs les noms de rôle sur lesquels l'association est définie et les attributs éventuels de l'association. On choisit comme clé de la relation l'identifiant de l'association.

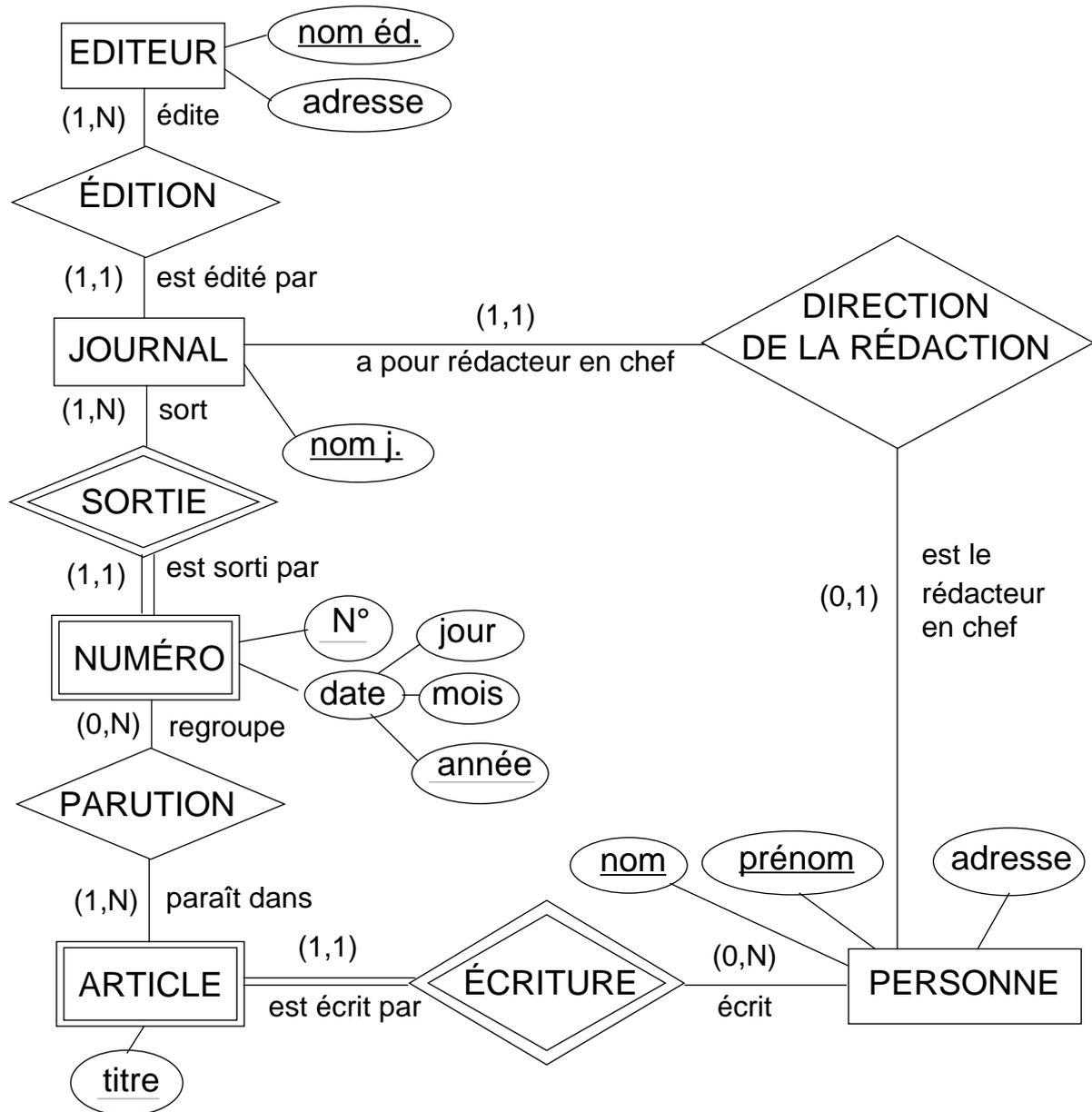
Étape 5: nom de rôle → attributs

On remplace dans les schémas de relation les noms des rôles par les noms des attributs identifiant des entités qui assument ces rôles.

Étape 6: On supprime dans les schémas de relation les attributs à double.

Exemple de traduction E / A → relationnel

Soit le schéma bien connu (légèrement simplifié):



Exemple de traduction E.A. → relationnel (suite)

Étape 1:

EDITEUR

nom_éd	adresse_éd
--------	------------

JOURNAL

nom.j.

NUMÉRO

n°	jour	mois	année	sort:JOURNAL
----	------	------	-------	--------------

ARTICLE

titre	écrit:PERSONNE
-------	----------------

PERSONNE

nom	prénom	adresse
-----	--------	---------

Étape 2:

association ÉDITION →

JOURNAL

nom.j.	édite:EDITEUR
--------	---------------

association DIRECTION DE LA RÉDACTION →

JOURNAL

nom.j.	édite:EDITEUR	est_le_rédacteur_en_chef:PERSONNE
--------	---------------	-----------------------------------

association SORTIE →

NUMÉRO

n°	jour	mois	année	sort:JOURNAL	sort:JOURNAL
----	------	------	-------	--------------	--------------

association ÉCRITURE →

ARTICLE

titre	écrit:PERSONNE	écrit:PERSONNE
-------	----------------	----------------

Étape 3: ne s'applique pas dans cet exemple

Exemple de traduction E.A. → relationnel (suite)

Étape 4:

association PARUTION →

PARUTION

regroupe:NUMÉRO	paraît dans:ARTICLE
-----------------	---------------------

Étape 5:

JOURNAL

nom.j.	nom_éd	nom_réd_en_chef	prénom_red_en_chef
--------	--------	-----------------	--------------------

NUMÉRO

n°	jour	mois	année	nom.j.	nom.j.
----	------	------	-------	--------	--------

ARTICLE

titre	nom_auteur	prénom_auteur	nom_auteur	prénom_auteur
-------	------------	---------------	------------	---------------

PARUTION

n°	année	nom.j.	titre	nom_auteur	prénom_auteur
----	-------	--------	-------	------------	---------------

Étape 6:

NUMÉRO

n°	jour	mois	année	nom.j.	nom.j.
----	------	------	-------	--------	--------

ARTICLE

titre	nom_auteur	prénom_auteur	nom_auteur	prénom_auteur
-------	------------	---------------	------------	---------------

Exemple de traduction E.A.→ relationnel (suite)

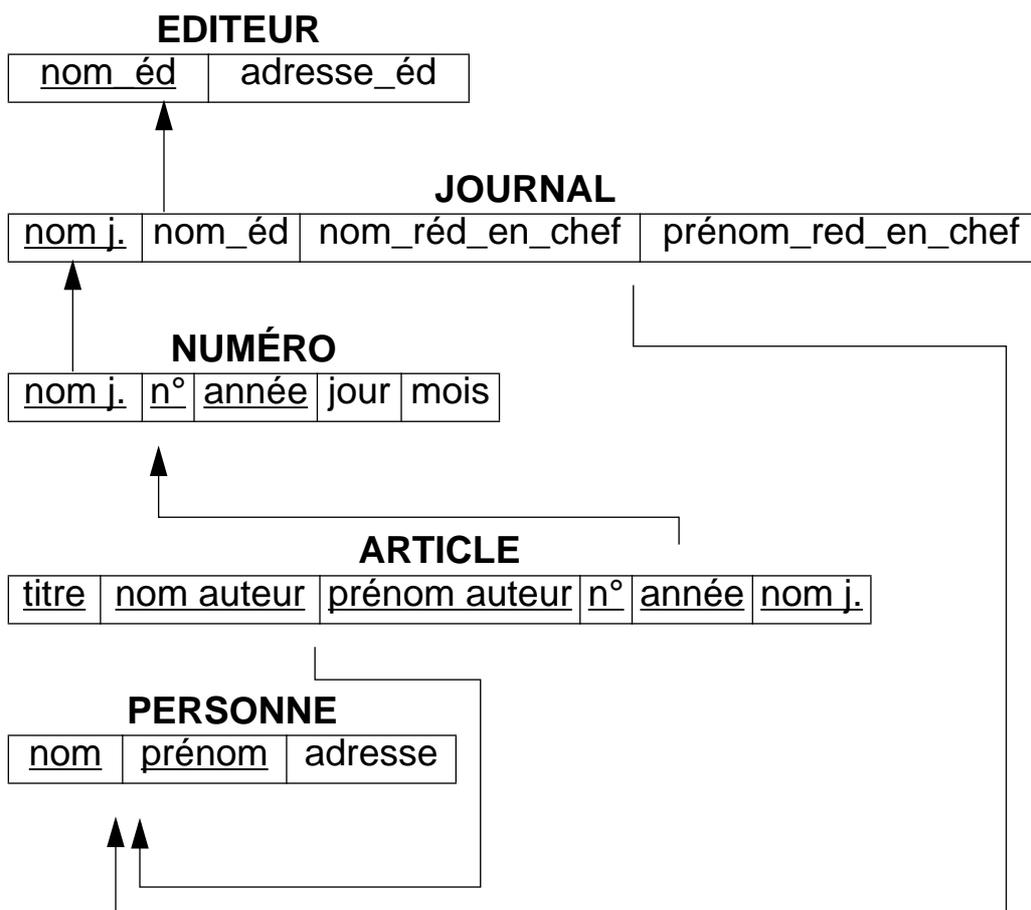
Fusion de relations:

- comme un article paraît au moins une fois dans un numéro, on peut fusionner les schémas de relation PARUTION et ARTICLE en un seul schéma: ARTICLE

ARTICLE

titre	nom auteur	prénom auteur	n°	année	nom j.
-------	------------	---------------	----	-------	--------

Finalemnt, on obtient le schéma relationnel (avec les contraintes de référence représentées par les flèches):



Traduction E.A. → relationnel: remarques

- lors de la traduction des noms de rôle, il est souvent judicieux de modifier légèrement les noms des attributs pour expliciter leur sens
- si le schéma E.A. est sous forme canonique, sa traduction conduira à un schéma relationnel en troisième ou quatrième forme normale
- les étapes proposées correspondent à une traduction directe → elles produisent un schéma relationnel qui peut être amélioré en exploitant plus finement le schéma E.A. et en tirant parti des particularités de la réalité perçue
- deux objectifs d'amélioration (souvent incompatibles!):
 - *simplification du schéma*
→ on fusionnera des schémas de relation chaque fois que c'est possible
 - *élimination (ou contrôle) des valeurs nulles*
→ on sautera l'étape 3 de la traduction (chaque association avec cardinalité(0,1) sera traduite en un schéma de relation)
→ on apportera un soin particulier à la traduction des sous-types