

TRAVAUX DIRIGES DE BASES DE DONNEES

1. MODELE ENTITE/ASSOCIATION	5
2. MODELE RELATIONNEL ET ALGEBRE	11
3. CALCUL RELATIONNEL	17
4. S.Q.L.	19
5. DEPENDANCES FONCTIONNELLES	22
6. CONCEPTION DE SCHEMA ET FORMES NORMALES	24

Edité par :

TALEL ABDESSALEM

Septembre 2011

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier F. Bancilhon, C. Delobel, M-O. Cordier, A. Doucet, S. Gañarski, M-C. Heydemann, G. Jomier, M. Manouvrier, E. Quesne, M. Picard, D. Teulat, et J. Ullman qui retrouveront certaines de leurs propositions dans ces exercices.

1. Modèle Entité/Association

Exercice 1.1 : "Speedo Finn"

Les organisateurs de la célèbre course au large Speedo Finn voudraient créer une base de données permettant de retrouver toutes les informations relatives à l'organisation de la course et à sa sécurité et aussi répondre à l'insatiable curiosité des badauds.

La course se déroule en plusieurs épreuves sanctionnées chacune par un classement. Chaque épreuve débute et se termine dans un port, le port d'arrivée pouvant être différent du port de départ, cependant il n'y a jamais plus d'une épreuve par jour. Chaque bateau est financé par un ou plusieurs sponsors et armé d'un équipage composé d'un skipper et d'équipiers. Le skipper d'un bateau ne peut changer d'une épreuve à l'autre de la course, mais cette contrainte ne touche pas les équipiers, qui en revanche ne changent pas de bateau au cours d'une épreuve.

La base de données doit permettre de répondre, parmi d'autres, aux questions suivantes:

- ◆ Quels sont les sponsors d'un bateau ?
- ◆ Quel est le montant de la subvention d'un sponsor particulier à un bateau particulier ?
- ◆ Quels bateaux sont engagés dans l'épreuve qui débute le 27 avril ?
- ◆ Quels sont les équipiers du bateau qui a gagné la première épreuve ?
- ◆ Sur quels bateaux de plus de 12 mètres y a-t'il un équipier médecin ?

Proposez un modèle entité/association de cette application. Déduisez le schéma relationnel de la base de données.

Exercice 1.2 : "Salles de concert"

On veut construire à l'aide du modèle Entité-Association le schéma relationnel de la base de données d'une société qui gère des salles de concert. Les salles de concert sont situées dans différents établissements, chacun pouvant disposer de plusieurs salles de concert. On connaît pour chaque salle la capacité en nombre de places, toutes les places étant de la même catégorie. Plusieurs œuvres musicales peuvent être auditionnées lors de chaque concert. La base de données doit permettre de répondre à des questions comme:

- ◆ Quel est l'auteur (ou quels sont les auteurs) d'une œuvre musicale ?
- ◆ Quels musiciens participent à un concert ?
- ◆ Quel est le rôle d'un musicien dans une œuvre donnée lors d'un concert ?
- ◆ Où et quand a lieu un concert ?
- ◆ Pour un concert combien de places sont réservées ?

On demande d'établir un schéma Entité-Association de cette application.

On en déduira le schéma relationnel de la base de données correspondante.

Exercice 1.3 : "Airix"

On veut établir le modèle Entité-Association de la compagnie aérienne AIRIX afin d'implanter une base de données où seront stockées des informations relatives aux horaires des vols, aux passagers et à leurs réservations, au personnel affecté aux vols prévus. Parmi les membres des équipages on s'intéressera particulièrement aux pilotes et à leur habilitation à piloter certains types d'avion. Très concrètement la base de données devra permettre de savoir:

- ◆ Comment joindre tous les passagers d'un vol,
- ◆ Quels sont les membres d'un équipage,
- ◆ Quel avion est affecté à un voyage particulier,
- ◆ Pour quels type d'avions est breveté un pilote,
- ◆ Quels sont les horaires des avions Paris-Caracas (horaire hebdomadaire), etc.

Le personnel de la compagnie AIRIX est identifié par un numéro (NUMEMP) et décrit par son nom (NOM), son prénom (PRENOM), son adresse (ADRESSE), son numéro de téléphone (NTELEPHONE) et son salaire mensuel (SALAIRE).

Parmi les membres du personnel, on distingue les pilotes afin d'indiquer les brevets qu'ils possèdent, différents renseignements professionnels et de préciser les avions qu'ils peuvent piloter avec ces brevets.

Chaque appareil possédé par AIRIX est doté d'un numéro de série (NUMSER) propre à la compagnie

Pour chaque appareil on connaît aussi l'avionneur et le numéro de modèle (ces deux informations constituent ce que l'on appelle l'avion: ex BOEING 747).

Les passagers sont repérés par leur nom (PNOM), leur adresse (PADRESSE) et leur numéro de téléphone (PTELEPHONE). On connaît aussi les départs (DEPARTURE) sur lesquels on les a enregistrés (BOOKED-ON).

Un départ est un vol à une certaine date (DATE).

Chaque vol fait l'objet d'au moins un départ.

Les vols sont repérés par un numéro (NUMVOL), une origine (SOURCE) et une destination (DEST) et différentes villes intermédiaires (chaque couple de villes reliées définit un tronçon). Pour chaque ville desservie on connaît l'heure d'arrivée (ARR-TIME) et l'heure de départ (DEP-TIME) du vol considéré.

Les avions qui peuvent être affectés à un vol sont connus.

Pour chaque tronçon correspondant à un départ - un pilote doit obligatoirement avoir été désigné - un appareil doit obligatoirement avoir été affecté.

On déduira de la modélisation entité-association le schéma relationnel de la base de données. Pour simplifier, dans une première étape de l'exercice, on supposera que chaque vol n'a qu'une étape. On complétera ensuite en supposant qu'un vol peut avoir plusieurs étapes et que passagers et équipage peuvent changer en cours de voyage.

Exercice 1.4 : "La société W"

Organisation générale de l'entreprise : les usines du groupe industriel W sont situées dans certaines villes de certains départements géographiques. Il en est de même des dépôts qui sont distincts des usines. Les produits fabriqués et distribués par le groupe W ont un numéro, une désignation et un prix unitaire. Les clients ont chacun un numéro qui les identifie, chacun est domicilié dans une ville. Chaque dépôt a des produits en stock en quantité connue. Une partie de ces stocks peut être réservée pour satisfaire des commandes de clients en instance. Chaque usine a des produits en cours de fabrication en quantités connues. La date de disponibilité d'une fabrication est connue. Chaque département est lié à d'autres départements (frontière commune). Chaque fabrication est destinée à des dépôts. La répartition des quantités destinées à chaque dépôt est connue. Les dépôts ne peuvent être alimentés que par des usines géographiquement liées. Pour chaque quantité d'une fabrication destinée à un dépôt, on connaît la part déjà réservée pour des commandes clients.

Traitement des commandes clients : une commande est passée par un client à une certaine date. Elle indique la date limite de livraison et est repérée par un numéro. Un produit ne peut apparaître qu'une seule fois dans une commande et on en connaît la quantité commandée. Pour chaque commande arrivant dans le groupe, on recherche si elle peut être totalement prise en portefeuille, sinon la commande est refusée. Les règles de prise en compte d'une commande sont les suivantes:

- ◆ chaque produit de la commande ne peut provenir que d'un dépôt géographiquement lié au département du client .
- ◆ la quantité totale d'un produit doit être soit disponible en stock, soit attendue par le dépôt en provenance d'une usine à une date antérieure à la date limite fixée par le client (on doit connaître l'origine exacte du produit au moment de la prise de commande) .
- ◆ lorsqu'une commande peut être livrée, c'est-à-dire lorsque tous les produits sont effectivement en stock, elle change de statut et devient livrable. Une date de livraison est alors choisie (elle doit être antérieure à la date limite).

Etude : On veut construire une base de données relationnelle afin de gérer la société W et ses commandes. Pour cela on demande:

1. d'établir le modèle Entité-Association correspondant.
2. d'en déduire un schéma relationnel

Exercice 1.5 : "Invitations et réceptions"

Je veux concevoir une base de données personnelle à propos d'invitations et de réceptions que j'ai organisées. Lorsque j'ai organisé une réception, j'enregistre dans ma base de données la liste des personnes présentes et la date (jour, mois, année) de la réception.

Sur les personnes je connais les informations suivantes: nom, prénom, sexe, opinion politique, adresse, numéro de téléphone personnel et éventuellement professionnel. J'enregistre aussi:

- ◆ leurs goûts. Une personne peut être passionnée par un ou plusieurs domaines: peinture, opéra, jazz, littérature, plongée sous-marine, rafting ...
- ◆ les vins qu'elles aiment boire,
- ◆ les liens entre personnes, du type: mariage, concubinage, parent-enfant etc. et les inimitiés.

Ma base contient aussi des informations sur les menus servis aux invités. Pour cela j'ai défini un ensemble de plats pris comme référence dans un catalogue. Pour chaque plat, je connais son nom et sa nature: entrée, viande, poisson, gibier, fromage, dessert ... A un repas on sert des vins. Un vin est caractérisé par un nom (de terroir ou de cépage), un millésime, une région et un type (blanc sec, blanc liquoreux, gris, rouge, rosé ...). Les noms de terroir ou de cépage sont extraits d'un catalogue pour avoir une liste de référence.

Enfin je dispose dans ma base de données d'informations sur les affinités entre les vins et les plats. Par exemple je veux enregistrer des faits comme *avec du crottin de Chavignole le Sancerre blanc est parfait, ou un Bourgogne aligoté convient tout à fait au saumon fumé* ou encore des phrases plus générales comme *un blanc sec d'Alsace accompagne très bien un munster*.

Proposez un modèle Entité-Association de cette application. Déduisez-en le schéma de la base de données relationnelle correspondante.

Exercice 1.6 : "Société de tourisme"

On veut établir la base de données d'une société de tourisme spécialisée dans les excursions en autobus. La base de données doit permettre de gérer les clients, de donner des informations sur les excursions du catalogue de la société, de gérer le parc de véhicules et le personnel de la société, et d'affecter les chauffeurs et hôtesses d'accompagnement ainsi que les clients ayant réservé une place et les autobus à chaque voyage, un voyage étant la réalisation d'une excursions à une date précise.

Plus précisément, on veut pouvoir :

- ◆ Identifier un client, le joindre par téléphone ou par courrier, savoir les réservations qu'il a effectuées.
- ◆ Décrire une excursion par un nom et un libellé (attractif), son point de départ, le lieu but de l'excursion, une référence à un descriptif détaillé, sa durée (une demi-journée ou une journée), son prix, ses dates, ...
- ◆ Connaître pour chaque membre du personnel de la société, en dehors de ses coordonnées personnelles, sa qualification et sa fonction et le service auquel il est affecté. Pour les chauffeurs, on voudra de plus pouvoir retrouver des informations sur leur permis de conduire, les types d'autobus qu'ils ont conduits, les références des accidents dans lesquels ils ont été impliqués,...
- ◆ Avoir les élément descriptifs principaux de chaque véhicule.
- ◆ Connaître tous les éléments de chaque voyage : date, excursion, véhicule affecté, chauffeur, hôtesse, clients ayant réservé,...

Etablir le schéma entité / association de cette application et en déduire le schéma relationnel.

Exercice 1.7 : "Informations métro"

Dans le souci d'informer ses voyageurs sur son offre de transport la RATP veut construire une base de données, limitée dans un premier temps au métro, qui permettra à tout voyageur d'évaluer précisément le temps nécessaire pour aller d'une station quelconque du réseau à une autre (au cas où plusieurs trajets seraient possibles le logiciel de gestion des requêtes pourra présenter au voyageur une ou plusieurs réponses bien choisies : ce problème relève de la programmation d'application et non de la base de données proprement dite et est donc hors du champ d'intérêt de ce sujet). Les horaires sont cadencés en fonction des types de tranche horaire, heure creuse, heure de moyenne charge ou heure de pointe qui déterminent le temps d'écart entre deux trains successifs. En revanche on considérera que la vitesse des trains et la durée des arrêts en gare sont les mêmes quelle que soit la tranche horaire. La durée pour chaque changement de métro (tenir compte des sens des changements) a été évaluée en moyenne pour un voyageur moyennement rapide et est considérée comme indépendante de l'heure. Elle est complétée par l'indication pour chaque changement de la distance à parcourir, en mètres, et du nombre de marches à monter et à descendre.

- 1 Proposez une modélisation Entité-Association de cette application permettant à des programmes d'extraire de la base les données nécessaires à l'information des voyageurs précisée ci-dessus.
- 2 En déduire le schéma relationnel de la base de données.

Note : de fait il existe le système SUROIT de la RATP, mais il en fait beaucoup plus...

Exercice 1.8 : "Enseignants - Chercheurs"

On désire gérer les emplois du temps des différents personnels (*enseignants, enseignants-chercheurs et chercheurs*) de l'UFR, pour savoir à tout moment s'il est possible de les joindre, et où. Pour cela, on considère que, en dehors des périodes où ils peuvent être joints dans leur bureau, les personnels peuvent être en réunion, quel que soit leur statut. Une réunion est désignée par une date précise, une tranche horaire et une salle de réunion. On veut connaître les autres personnes participant à la réunion.

Chaque personne est désignée par son nom, son prénom, le bureau où on peut la joindre.

Les *enseignants* peuvent, de plus, être en cours. Un cours est identifié par la matière enseignée à laquelle est affectée toujours la même salle. Il est désigné par une période de début et de fin (ex. de février à mai), un jour de la semaine, une tranche horaire et une salle de cours. Plusieurs enseignants peuvent enseigner la même matière dans l'année, à des jours et créneaux horaire différents. Un enseignant peut enseigner plusieurs fois la même matière dans l'année, à des périodes différentes.

Les *chercheurs* peuvent être à certaines périodes de l'année en mission en dehors de l'UFR. Une mission est désignée par une date de début et de fin, un lieu de mission avec le numéro de téléphone correspondant. Les chercheurs appartiennent à un laboratoire dont on peut joindre le secrétariat en cas d'urgence.

Les *enseignants-chercheurs* sont à la fois enseignants et chercheurs, avec un pourcentage plus ou moins grand d'enseignement (par rapport à la recherche) à effectuer. Ils peuvent donc être soit en réunion, soit en mission, soit en cours.

Etablir le schéma Entité-Association de cette application.

Exercice 1.9 : "Société Française d'Archéologie"

La Société Française d'Archéologie est une société savante ayant pour but la constitution d'une base d'informations et la gestion d'une bibliothèque. Cette base doit gérer des objets archéologiques et des publications de ces objets.

Les objets archéologiques sont caractérisés par un numéro d'identification, un type (ex: vase), une description sommaire, une datation qui est une année, le site où ils ont été découverts. Ils peuvent être exposés dans un musée. Une ville peut avoir plusieurs noms : les anciens et le nouveau (ex : Byzance, Constantinople et Istanbul). Pour simplifier, on se limitera à un seul nom ancien. Pour chaque site, on précisera la ville à laquelle il se rattache et un numéro d'ordre pour cette ville. En effet, une ville archéologique peut avoir plusieurs sites. La civilisation du site est une grande catégorie comme "romaine" ou "crétoise". Un musée est caractérisé par la ville où il se trouve et par son nom.

La bibliothèque comprend les publications caractérisées par un titre, une date et un éditeur. Elles sont écrites par un ou plusieurs auteurs. Chaque auteur est identifié par ses nom et prénom. Pour faciliter l'accès à la base de données, on veut pouvoir retrouver toutes les publications concernant un objet, et inversement tous les objets cités dans une publication.

Exercice 1.10 : "Hôpital Jacques Monod"

L'hôpital Jacques Monod souhaite créer une base de données pour gérer l'ensemble des hospitalisations de l'établissement.

L'hôpital comprend des services qui sont identifiés par un code et un nom. Chaque service est localisé dans un bâtiment et est dirigé par un directeur. Un bâtiment comprend plusieurs salles. Chaque salle a un numéro (relatif au service), un nombre de lits et un(e) surveillant(e) responsable qui est un(e) infirmier(e). L'hôpital emploie du personnel : médecins et infirmiers. Chaque employé a un nom, un prénom, une adresse et un numéro de téléphone. Chaque médecin a une spécialité. Les infirmiers sont rattachés à un service (unique), travaillent de jour ou de nuit et ont un salaire. Un directeur de service est un médecin; les médecins ne sont autorisés à diriger qu'un seul service et ne sont pas affectés à un service particulier.

Dans cet hôpital, des malades viennent pour une consultation ou pour une hospitalisation. Chaque malade a un nom, un prénom, une adresse, un numéro de téléphone et une mutuelle. Il est suivi par un ou plusieurs médecins. S'il est hospitalisé, on doit connaître son numéro de lit (relatif à la salle) et le diagnostic le concernant.

Exercice 1.11 : "gestion d'un parc de véhicule"

Un organisme souhaite informatiser la gestion d'un parc de véhicules et notamment le suivi des réparations et des entretiens périodiques.

Les véhicules sont caractérisés par le numéro d'immatriculation, l'année de fabrication, la date d'achat, le numéro de série et le kilométrage. Les modèles des véhicules sont caractérisés par un code (205XL, Twingo...), une marque, un nombre de places, une puissance et le carburant utilisé.

Les véhicules sont soumis à des entretiens périodiques, dont la fréquence varie selon les modèles. Il arrive également qu'un véhicule soit accidenté.

Les travaux d'entretien et de réparation sont assurés par des garages caractérisés par un nom, un nom de gérant et la marque qu'il représente.

Lorsqu'un véhicule doit être révisé ou réparé, le gestionnaire du parc établit une demande de travaux comprenant la nature des travaux à effectuer et la date de fin de travaux souhaitée. S'il s'agit d'un accident, il indiquera également la date de l'accident et le nom d'expert chargé de cet accident. Celui-ci précisera la nature des travaux à effectuer. A la fin des travaux, une facture sur laquelle figurent la date de fin des travaux et le montant des travaux est envoyée au gestionnaire.

L'histoire d'un véhicule est conservée dans un carnet de bord. A l'achat du véhicule, ce carnet est partiellement rempli en précisant la date d'achat ainsi que le kilométrage. A chaque intervention sur la voiture, une nouvelle page de ce carnet est remplie avec la date de fin des travaux., le kilométrage, la nature des travaux ainsi que le motif de l'intervention (révision ou réparation);

2. Modèle Relationnel et Algèbre

Exercice 2.1 :

Soit deux relations $r(A B C)$ et $s(B C D)$ avec $a \in \text{dom}(A)$ et $b \in \text{dom}(B)$.

Les expressions suivantes sont-elles bien formées ?

1. $r \cup s$ 2. $\pi_B(r) - \pi_B(s)$ 3. $\sigma_{B=b}(r)$ 4. $\sigma_{A=a, B=b}(s)$

Exercice 2.2 :

Soit les deux relations suivantes :

r		
Cours	Etudiant	Note
Math	Toto	A
Math	Lulu	B
Latin	Toto	C
Physique	Toto	A

s	
Cours	Prof
Math	Martin
Physique	Dupond
Latin	Durand

avec $\text{Dom}(\text{Cours}) = \{ \text{Math, Physique, Latin} \}$
 $\text{Dom}(\text{Etudiant}) = \{ \text{Toto, Tulu} \}$
 $\text{Dom}(\text{Note}) = \{ \text{A,B,C} \}$
 $\text{Dom}(\text{Prof}) = \{ \text{Martin, Dupond, Durand} \}$

Calculer et exprimer en français les requêtes:

$\sigma_{\text{Cours} = \text{Math}}(r)$
 $\pi_{\text{Cours}}(s) - \pi_{\text{Cours}}(r)$
 $\pi_{\text{Cours}}(r) - \pi_{\text{Cours}}(s)$
 $\pi_{\text{Etudiant}}(r \div (\pi_{\text{Cours}}(s)))$
 $\pi_{\text{Prof}}(\sigma_{\text{Note} = \text{A}} \wedge \text{Etudiant} = \text{Toto}(r \bowtie s))$

Exercice 2.3 :

Exprimez les opérateurs de jointure, de θ -jointure et de division à l'aide des 5 opérateurs de l'algèbre relationnelle que vous rappellerez.

Exercice 2.4 :

Soit S une suite d'opérations de mise à jour sur une relation r. Dans le cadre particulier d'un langage relationnel, le résultat peut-il dépendre de l'ordre dans lequel ces opérations sont effectuées s'il s'agit d'une suite :

- ◆ d'ajouts,
- ◆ de suppressions,
- ◆ d'ajouts et de suppressions,
- ◆ d'ajouts et de modifications,
- ◆ de modifications uniquement ?

Illustrez vos réponses par des exemples.

Exercice 2.5 :

Une base de données de schéma $R(A,B,D)$ et $Q(A,B)$ contient les n-uplet suivants :

r		
A	B	D
a1	b1	d1
a1	b1	d2
a1	b2	d1
a2	b2	d1
a3	b1	d2
a2	b2	d2
a2	b2	d3
a1	b1	d4

q	
A	B
a1	b1
a2	b2

- 1 Quels sont les nuplets de $j = \pi_D (r \bowtie q)$ où la jointure est naturelle, c'est-à-dire qu'elle porte sur tous les attributs de même nom dans les deux relations ? Caractériser en français les n-uplets de j par rapport à ceux de r et de q.
- 2 Quels sont les n-uplets de $u = r \div q$? Caractériser en français les n-uplets de u par rapport à ceux de r et de q.
- 3 Quels sont les n-uplets de $r - (u * q)$? Donnez leur caractérisation en français.

Exercice 2.6 :

Soit E_1, E_2, E_3, \dots des expressions relationnelles

$A_1, A_2, A_3, \dots, B_1, B_2, B_3, \dots$ des attributs

- 1 Les équivalences¹ suivantes sont-elles vraies dans tous les cas ? Sinon dans quels cas sont-elles vraies?

$$a) E_1 \bowtie E_2 = E_2 \bowtie E_1 \quad (\text{Jointure naturelle})$$

$$b) E_1 \bowtie_F E_2 = E_2 \bowtie_F E_1 \quad (\theta\text{-jointure})$$

où F est un prédicat sur les attributs de E1 et E2

$$c) (E_1 \bowtie E_2) \bowtie E_3 = E_1 \bowtie (E_2 \bowtie E_3)$$

$$d) \pi_{A_1, \dots, A_n} (\pi_{B_1, \dots, B_n} (E)) = \pi_{A_1, \dots, A_n} (E)$$

$$e) \sigma_{F_1} (\sigma_{F_2} (E)) = \sigma_{F_1 \wedge F_2} (E) = \sigma_{F_2} (\sigma_{F_1} (E))$$

F_1 et F_2 prédicats sur les attributs de E

$$f) \pi_{A_1, \dots, A_n} (\sigma_F (E)) = \sigma_F (\pi_{A_1, \dots, A_n} (E))$$

$$g) \sigma_F (E_1 - E_2) = \sigma_F (E_1) - \sigma_F (E_2)$$

- 2 Quel peut être l'intérêt de trouver ainsi des équivalences entre expressions relationnelles ?

¹ Deux expressions relationnelles sont dites équivalentes lorsqu'elles produisent le même résultat, indépendamment de l'ordre des attributs.

Exercice 2.7 :

Soit la base de données relationnelle de schéma :

$R_1(\text{Parent}, \text{Enfant})$, $R_2(\text{Personne}, \text{Age}, \text{Sexe})$, $R_3(\text{Enfant}, \text{Ecole})$

où Parent, Enfant et Personne sont des attributs de même domaine.

Exprimer, quand c'est possible, en algèbre relationnelle les requêtes suivantes. En cas de besoin on renommera des attributs et/ou les relations:

- 1 Quels sont les enfants de Pierre ?
- 2 Quels âges ont les enfants de Marie ?
- 3 Combien Paul a-t-il de filles ?
- 4 Quel est l'âge moyen des personnes répertoriées dans la base ?
- 5 Qui sont les grands parents de Jacques ?
- 6 Quels parents n'ont que des garçons ?
- 7 Quels couples de parents ont au moins deux enfants ?
- 8 Liste des parents et des écoles de leurs enfants.
- 9 Liste des parents qui ont au moins un enfant dans chacune des écoles présentes dans la base.
- 10 Quels sont les oncles de Tristan ? On prendra le terme oncle dans son acception la plus stricte: frère du père ou de la mère.
- 11 Qui n'a pas d'enfant scolarisé ?
- 12 Quels parents ont au moins un fils plus âgé qu'une fille ?
- 13 Quels sont les arrière-grands-parents de Bérénice ?

Exercice 2.8 :

Une association dispose d'un certain nombre de centres sportifs où ses adhérents peuvent s'inscrire en vue de la pratique de sports. Pour la gestion de ses installations elle dispose d'une base de données de schéma **SI** :

$Pratique(\text{Personne}, \text{Sport})$, qu'on abrégera en $R_1(P, S)$,

$Est_Membre(\text{Personne}, \text{Centre_Sportif})$ abrégé en $R_2(P, T)$,

$Propose(\text{Centre_Sportif}, \text{Sport})$ abrégé en $R_3(T, S)$.

Exprimez les requêtes suivantes en algèbre relationnelle :

- 1 Quels centres sportifs proposent au moins un sport pratiqué par Pierre ?
- 2 Quels centres sportifs proposent tous les sports pratiqués par Henri ?
- 3 Quels centres sportifs proposent tous les sports pratiqués par chacun de leurs membres?
- 4 Quels sports offerts par l'association ne sont pas proposés par le centre *Les Joyeux Musclés* ?
- 5 Quels centres sportifs proposent au moins deux sports pratiqués par Louis ?
- 6 Quels centres sportifs proposent les sports pratiqués par Jacques et Jean ?
- 7 Donnez les couples de personnes tels que chaque personne du couple pratique au moins un sport que l'autre pratique et au moins un sport que l'autre ne pratique pas.

Exercice 2.9 :

L'association sportive présentée à l'exercice précédent hésite sur le choix du schéma de sa base de données. Vaut-il mieux choisir **SI** proposé dans l'exercice précédent ou bien préférer une base dont le schéma **S2** est réduit à une relation $R(P, S, T)$. Un nuplet de R indique le nom d'une Personne qui pratique un Sport dans un Centre Sportif.

- 1 Quelles différences voyez-vous entre les deux schémas du point de vue de la sémantique des informations qu'on peut mémoriser dans la base ?
- 2 Quelles informations peut-on mémoriser dans une base et qu'on ne pourrait pas mémoriser dans l'autre? Donnez des exemples pour chacun des deux cas.

Exercice 2.10 :

Soit le schéma de la base de données de l'"Officiel des spectacles" suivant :

SALLE (*NOM*, *HORAIRE*, *TITRE*)
FILM (*TITRE*, *REALISATEUR*, *ACTEUR*)
PRODUIT (*PRODUCTEUR*, *TITRE*)
VU (*SPECTATEUR*, *TITRE*)
AIME (*AMATEUR*, *TITRE*)

où les attributs prennent leurs valeurs dans les domaines suivants:

NOM → noms de salles

HORAIRE → heures

TITRE → titres de films

REALISATEUR, *ACTEUR*, *PRODUCTEUR*, *SPECTATEUR*, *AMATEUR* → noms de personnes

Ecrire les requêtes suivantes en algèbre relationnelle :

- 1 Où et à quelle heure peut-on voir le film "Out of Africa" ?
- 2 Quels sont les films réalisés par Marcel Carné ?
- 3 Quels sont les acteurs de "Mission" ?
- 4 Où peut-on voir un film où joue Arletty ?
- 5 Quels sont les acteurs qui ont produit un film ?
- 6 Quels sont les acteurs qui produisent un film dans lequel ils jouent ?
- 7 Quels sont les acteurs qui jouent dans les films de Resnais ?
- 8 Quels acteurs jouent dans tous les films ?
- 9 Quels acteurs jouent dans tous les films de Tati ?
- 10 Qui produit tous les films de Tarkowski ?
- 11 Quels spectateurs ont vu tous les films ?
- 12 Quels sont les spectateurs qui aiment tous les films qu'ils ont vu ?
- 13 Où peut-on voir Christophe Lambert après 16h ?
- 14 Quels films ne passent dans aucune salle ?
- 15 Qui produit un film qui ne passe dans aucune salle ?
- 16 Quels sont les producteurs qui ont vu tous les films qu'ils produisent ?
- 17 Quels producteurs ont vu tous les films de Coline Serreau ?
- 18 Quels spectateurs aiment un film qu'ils n'ont pas vu ?
- 19 Qui n'aime aucun film ?
- 20 Qui ne produit aucun film de Alain Cavalier ?
- 21 Quels sont les acteurs qui produisent un film qu'ils ont réalisé ?
- 22 Quels sont les producteurs qui n'ont vu que les films qu'ils produisent ?

Exercice 2.11 :

Soit la base de données relationnelle dont le schéma contient les relations *A-Lu*(*Personne*, *Livre*), *A-Ecrit*(*Personne*, *Livre*), *A-Publié*(*Personne*, *Livre*) où les attributs *Personne* et *Livre* sont des identifiants. Exprimez en algèbre relationnelle les requêtes suivantes :

- 1 Quelles personnes ont publié tous les livres qu'elles ont écrits ?
- 2 Quels auteurs ont écrit des livres lus par plus de deux lecteurs ?
- 3 Quelles personnes ont lus tous les livres de Jules Vernes ?

Exercice 2.12 :

Le CRIF, Club de Randonnée d'Ile de France, a constitué une base de données relationnelle récapitulant ses activités et servant à leur gestion. On y trouve entre autres les relations suivantes :

AFait (*Randonneur*, *Randonnée*, *Type*) où *Type* désigne le moyen de randonnée utilisé : marche, vélo, VTT, moto, canoé...

Descriptif (Randonnée, Type, Durée, Difficulté) où *Durée* est donnée en heures et *Difficulté* est une cote numérique adaptée à chaque type de randonnée. Les attributs *Randonneur* et *Randonnée* sont des identifiants.

Exprimez, quand c'est possible, en algèbre relationnelle les requêtes suivantes, en justifiant soigneusement chacune de vos réponses (et éventuellement les différents éléments qui la composent) :

- 1 Quelles sont les randonnées en vélo de plus de 6 heures faites par Louison ?
- 2 Qui a fait les randonnées "Vaux de Cernay" et "Vaux le Vicomte" ?
- 3 Combien Jules a-t-il fait de randonnées de Difficulté 3 en canoé ?
- 4 Qui a fait toutes les randonnées qu'a faites Jim ?
- 5 Qui a fait au moins une randonnée faite par Paul et au moins une randonnée que n'a pas faite Virginie ?

Exercice 2.13 :

La Maison des Jeunes d'une région gère une base de données de groupes de musique et de musiciens en vue de l'organisation de la Fête de la Musique. Parmi les relations de la base on trouve

Pratique (Musicien, Instrument), FaitPartie (Musicien, Groupe), Comprend (Groupe, Instrument)

dont la sémantique est claire. Les attributs *Musicien* et *Groupe* sont des identifiants. Exprimez quand c'est possible les requêtes suivantes en algèbre relationnelle en justifiant soigneusement votre proposition:

- 1 Quels musiciens pratiquent la batterie et le saxo ?
- 2 Quels musiciens font partie de plus d'un groupe ?
- 3 Quels musiciens pratiquent tous les instruments du Groupe Kan'Nida ?
- 4 Quels musiciens pratiquent au moins un des instruments pratiqués par Boubacar Traore ?
- 5 Quels musiciens jouent uniquement de la clarinette ?
- 6 Quel est l'ensemble des instruments que peuvent jouer les musiciens du groupe Go Between ?

Exercice 2.14 :

Le CRIF, Club de Randonnée d'Ile de France, a constitué une base de données relationnelle récapitulant ses activités et servant à sa gestion. On y trouve en autres les relations suivantes :

Afait (randonneur, Randonnée, Type)

où *Type* désigne le moyen de randonnée utilisé : marche, vélo, VTT, moto, canoé.

Descriptif(Randonnée, Type, Durée, Difficulté)

où *Durée* est donnée en heures et *Difficulté* est une cote numérique adaptée à chaque type de randonnée.

Les attributs *Randonneur* et *Randonnée* sont des identifiants.

Exprimer, quand cela est possible, en algèbre relationnelle (arbres algébriques et expressions algébriques) les requêtes suivantes, en justifiant soigneusement chacune de vos réponses :

- 1 Quelles sont les randonnées en vélo de plus de 6 heures faites par Louison ?
- 2 Qui a fait les randonnées "Vaux de Cernay" et "Vaux le Vicomte" ?
- 3 Combien Jules a-t-il fait de randonnées de difficulté 3 en canoé ?
- 4 Qui a fait toutes les randonnées qu'a faites Jim ?
- 5 Qui a fait au moins une randonnée faite par Paul et au moins une randonnée que n'a pas faite Virginie ?

Exercice 2.15 :

Soit le schéma de base de données TENNIS :

Joueur (NuJoueur, Nom, Prénom, DateNaissance, Nationalité)

Rencontre (NuGagnant, NuPerdant, LieuTournoi, Année, Score)

Gain (NuJoueur, LieuTournoi, Année, Prime, NomSponsor)
Sponsor(Nom, Adresse, ChiffreAffaire)

Remarque : NuGagnant et NuPerdant sont sur le même domaine que NuJoueur.

Hypothèse : Dès qu'il participe à un tournoi, un joueur touche une prime.

Donner, sur cette base de données, quand c'est possible, les requêtes suivantes à l'aide de l'algèbre relationnelle :

- 1 Quels sont les noms et dates de naissance des joueurs ayant participé à Roland Garros en 1994 ?
- 2 Quels sont les noms et nationalités des joueurs sponsorisés par Peugeot et ayant gagné à Roland Garros au moins un match ?
- 3 Quels sont les noms des joueurs ayant participé en 1996 à la fois au tournoi de Roland Garros et à celui de Wimbledon ?
- 4 Quels sont les noms des différents vainqueurs de Roland Garros ?
- 5 Quels sont les noms des joueurs ayant participé à tous les tournois en 1994 ?
- 6 Quelle est la moyenne des primes gagnées par année ?

Exprimer en français la signification des questions algébriques suivantes sur la base de données TENNIS :

$$1 \quad \pi_{\text{Nom, Prénom}} \left(\sigma_{\text{Nationalité} = \text{"France"}} (\text{Joueur}) \infty_{\text{NuJoueur} = \text{NuGagnant}} \left(\sigma_{\text{Année} > 1990} (\text{Rencontre}) \infty_{\text{NuGagnant} = \text{NuJoueur}} \left(\text{Gain} \infty_{\text{NomSponsor} = \text{Nom}} \left(\sigma_{\text{ChiffreAffaire} > 1000\text{MF}} (\text{Sponsor}) \right) \right) \right) \right)$$

$$2 \quad \pi_{\text{Nom, Prénom}} (\text{Joueur}) \infty_{\text{NuJoueur} = \text{NuPerdant}} \left(\left(\pi_{\text{NuPerdant}} \left(\sigma_{\text{LieuTournoi} = \text{"W"}} (\text{Rencontre}) \right) \right) - \left(\pi_{\text{NuGagnant}} \left(\sigma_{\text{LieuTournoi} = \text{"W"}} (\text{Rencontre}) \right) \right) \right) \cap \left(\left(\pi_{\text{NuGagnant}} \left(\sigma_{\text{LieuTournoi} = \text{"RG"}} (\text{Rencontre}) \right) \right) - \left(\pi_{\text{NuPerdant}} \left(\sigma_{\text{LieuTournoi} = \text{"RG"}} (\text{Rencontre}) \right) \right) \right)$$

$$3 \quad \pi_{\text{NomGagnant, Prénom, NomPerdant, Prénom}} \left(\left(\left(\pi_{\text{NuGagnant, NuPerdant, LieuTournoi}} (\text{Rencontre}) \right) \div \pi_{\text{LieuTournoi}} (\text{Rencontre}) \right) \infty_{\text{NuGagnant} = \text{NuJoueur}} (\text{Joueur}) \right) \infty_{\text{NuPerdant} = \text{NuJoueur}} (\text{Joueur})$$

Exercice 2.16 :

Le guide culinaire « Guy Émilie » donne des informations sur les menus et fournisseurs des restaurants. Parmi les relations de sa base de données on trouve *Vend(Boucher, Viande, Prix)*, *Utilise(Cuisinier, Viande, Recette)*, *Fournit(Boucher, Cuisinier)* dont la sémantique est claire : *Vend('Sanzos', 'Porc', 35)* veut dire que le boucher Sanzos vend la viande de porc à 35 francs le kilo, *Utilise('Gatsosse', 'Boeuf', 'Pot-au-Feu')* veut dire que le cuisinier Gatsosse utilise de la viande de boeuf pour préparer le pot-au-feu, et *Fournit('Sanzos', 'Gatsosse')* veut dire que le boucher Sanzos fait partie des fournisseurs en viande du cuisinier Gatsosse.

Exprimez quand c'est possible les requêtes suivantes en algèbre relationnelle et en SQL, en justifiant soigneusement votre proposition:

- 1 Quels cuisiniers utilisent à la fois du porc et de l'agneau pour la recette du Bäckehoffe?
- 2 Quel est l'ensemble des viandes utilisées par les cuisiniers clients du boucher Sanzos ?
- 3 Quels bouchers fournissent au moins deux cuisiniers ?
- 4 Quels bouchers ne vendent que de la viande de cheval ?

- 5 Quelle est le nom et le prix moyen de chaque type de viande vendu par les fournisseurs du cuisinier Gatsosse ?

3. Calcul Relationnel

Exercice 3.1 :

Exprimer, en calcul à variable n-uplet, les expressions de l'algèbre relationnelle suivantes :

$$\text{a. } R \cup S \qquad \text{b. } R - S \qquad \text{c. } \pi_{A1, A2}(R) \qquad \text{d. } \sigma_F(R)$$

Exercice 3.2 à 3.7 :

Reprendre les exercices 2.7, 2.8, 2.10, 2.11, 2.12 et 2.13 (partie "2. Modèle Relationnel").

Exprimez les requêtes en calcul à variables n-uplet, à variable domaine.

Exercice 3.8 :

Soit le schéma de la base de données de la scolarité d'une UFR pour l'année en cours:

Description(Cours, Formation)

Inscription(Etudiant, Formation)

Résultat(Cours, Etudiant, Note)

La relation Inscription précise à quelle formation est inscrit chaque étudiant, Description donne pour chaque formation les cours qui la composent, et Résultat indique pour chaque étudiant la note qu'il a obtenue à un cours. Il n'y a pas de valeur nulle. Un étudiant n'ayant pas de note à un cours de sa formation est réputé ne pas avoir suivi ce cours et donc son nom ne figurera pas associé au nom de ce cours dans la relation Résultat. On pourra abrégé les notations en remplaçant le nom d'une relation ou d'un attribut par son initiale.

- 1 Pour chacune des requêtes suivantes, indiquez, quand c'est possible, son expression en algèbre relationnelle et en calcul relationnel à variable n-uplet. Si l'expression d'une de ces requêtes n'est pas possible, dites pourquoi.
 - a) Quels étudiants de IUP2 ont 16 à au moins un cours ?
 - b) Liste des étudiants suivant les cours d'anglais et les cours d'espagnol.
 - c) Liste des étudiants ayant plus de 10 à tous les cours qu'ils suivent.
 - d) Liste des étudiants dont la note de japonais est plus élevée que la moyenne de ce cours.
 - e) Quels étudiants ont moins de 7 à au moins deux cours ?
 - f) Quels étudiants ont suivi tous les cours proposés dans leur formation ?
 - g) Liste des étudiants ayant la meilleure note, dans chaque cours.
- 2 Donnez en français et en algèbre relationnelle l'expression de la requête en calcul à variables n-uplet suivante:

$$\{t.E \mid R(t) \wedge \exists s R(s) \wedge (t.E = s.E) \wedge (s.C = \text{Math}) \wedge (t.C = \text{Anglais}) \wedge (t.N < s.N)\}$$

- 3 Donnez en français et en calcul à variables-nuplet l'expression de la requête en algèbre relationnelle suivante:

$$\pi_E \left(\sigma_{(F = \text{Miage1})}^I \infty \{ \pi_E (\sigma_{(C = \text{Algorithmique})} \wedge (N = 10)^R) \right) \\ \cap \pi_E (\sigma_{(C = \text{Logique})} \wedge (N = 13)^R) \}$$

Exercice 3.9 :

Montrer que toute expression du calcul à variable n-uplet a un équivalent dans le calcul à variable domaine.

Exercice 3.10 :

Soit une base de données relationnelle de schéma:

$R_1(P, M_1, M_2, D, P_1, G, P_2)$ qui signifie que le Ministre M_2 , membre du parti politique P_2 est devenu, à la date D , titulaire du portefeuille P_1 dans le G -i^{ème} gouvernement du Premier Ministre M_1 , le Président de la République étant P .

$R_2(C_1, A, P_2, G_2, T, P_3)$, qui signifie que le candidat C_1 , soutenu par le parti P_2 , est présenté dans la circonscription G_2 au tour T de l'élection législative de l'année A et y a obtenu un pourcentage P_3 des voix. Pour simplifier on supposera qu'un candidat est élu à un tour si $P_3 > 50$.

- 1 Exprimer les requêtes suivantes en algèbre relationnelle et en calcul à variables-nuplet en justifiant chaque réponse par une caractérisation des différents ensembles de nuplets qui y apparaissent.
 - a) Quels ont été les premiers ministres de Mitterrand?
 - b) Quels députés de 86 ont été réélus en 88 ?
 - c) Dans quelles circonscriptions les ministres des gouvernements Mauroy se sont-ils présentés en 88 ?
 - d) Quelles circonscriptions ont changé de député entre les élections de 86 et celles de 88 ?
 - e) Quels ministres ont appartenu à au moins deux gouvernements ?
 - f) Qui a été ministre dans tous les gouvernements Chirac sous la Présidence de Mitterrand ?
 - g) Quels candidats n'ont jamais changé de circonscription ?
 - h) Quels ministres de Rocard n'ont jamais été députés ?
 - i) Quels candidats ont changé de parti entre deux élections ?

- 2 Exprimez en français les requêtes suivantes:

$$\{t.M_1 \mid R_1(t) \wedge (\exists s R_2(s) \wedge (s.T = 1) \wedge (s.A = 81) \wedge (s.P_3 > 50) \wedge (t.M_1 = s.C_1))\}$$

$$\{t.M_2 \mid R_1(t) \wedge (\forall s R_1(s) \wedge ((s.D < 81) \vee ((\exists u R_1(u) \wedge (t.M_2 = u.M_2) \wedge (s.M_1 = u.M_1))))\}$$

4. S.Q.L.

Exercice 4.1 :

La base de données relationnelle d'une banque a le schéma suivant :

Succursale (NomSucc, Actif, VilleSucc)

Client (Nom_Client, Rue, Ville_Client)

Dépôt (Nom_Succ, Numéro_Compte, Nom_Client, Solde)

Emprunt (Nom_Succ, Numéro_Emprunt, Nom_Client, Montant)

Ecrire, en SQL, les requêtes suivantes :

- 1 Trouver les noms des succursales ayant des comptes client, avec et sans élimination des doubles.
- 2 Noms des clients ayant un compte à la succursale *Rivoli*.
- 3 Noms des clients ayant un compte à la succursale *Rivoli* ou un emprunt à la succursale *Opéra*.
- 4 Noms des clients ayant un compte à la succursale *Rivoli* et un emprunt à la succursale *Opéra*. Trois solutions .
- 5 Noms des clients ayant un compte à la succursale *Rivoli* mais pas d'emprunt. Trois solutions.
- 6 Noms des clients ayant un compte avec la ville où ils habitent. Mettre le résultat dans la relation R.
- 7 Noms des clients ayant un compte à *Etoile* avec la ville où ils habitent. Mettre le résultat dans la relation R.
- 8 Noms des clients ayant un compte dans la succursale où Pierre a un compte. Donnez au moins deux solutions dont une avec des variables nuplet.
- 9 Trouvez les succursales qui ont un solde plus élevé qu'une succursale d'Aurillac.
- 10 Trouvez les succursales qui ont un solde plus élevé que toutes les succursales d'Aurillac.
- 11 Noms des clients ayant un compte dans toutes les succursales de Conflans-Sainte-Honorine.
- 12 Donnez la liste par ordre alphabétique des emprunteurs de la succursale d'Orsay.
- 13 Donner pour chaque succursale le solde moyen des comptes client.
- 14 Donner le solde moyen des comptes client pour les succursales ayant un solde moyen supérieur à 5000.
- 15 Combien de clients habitent Paris ?
- 16 Combien de clients ayant un compte à la succursale *Bastille* n'ont pas leur adresse dans la relation Client ?
- 17 Insérer le nuplet (Paul, Victor Hugo, Paris) dans la relation Client.
- 18 Diminuer l'emprunt de tous les clients habitant à Ajaccio de 5%.
- 19 Fermer le compte de Thomas.
- 20 Supprimer de Succursale toutes les succursales sans client.
- 21 Créer la relation VIP (Nom_Client, Numéro_Compte).

Exercice 4.2 à 4.6 :

Reprendre les exercices 2.7, 2.8., 2.11, 2.12 et 2.13 et exprimer les requêtes en SQL.

Exercice 4.7 :

Soit la base de données relationnelle composée des relations suivantes:

Livre(Titre, Auteur, Editeur), Lecture (Titre, Genre, Lecteur)

où l'attribut *Titre* désigne le titre d'un livre et n'est pas un identifiant (le même titre peut être utilisé pour plusieurs ouvrages d'auteurs différents), les attributs *Auteur*, *Lecteur* et *Editeur* ont pour domaine l'ensemble des noms de personne et sont des identifiants. l'attribut *Genre* a pour domaine un ensemble de genre de livre (roman, poésie, nouvelle, mémoires, documentaire...)

- 1 Exprimez, quand c'est possible, en algèbre relationnelle, calcul relationnel et SQL les requêtes suivantes, en justifiant soigneusement chacune de vos réponses (et éventuellement les différents éléments qui la composent) :
 - a) Quels éditeurs ont lu tous les livres qu'ils ont édités ?
 - b) Quels auteurs ont été édités chez Dunod et chez Flammarion ?
 - c) Quels éditeurs lisent des romans de JMG le Clézio ?
 - d) Quels éditeurs lisent de la poésie mais pas de roman ?
 - e) Quels lecteurs ont lu tous les livres de Kundera ?
 - f) Quels auteurs sont leurs propres éditeurs mais ont aussi édité des livres écrits par d'autres ?
- 2 De manière à maintenir l'intégrité de la base tout Titre figurant dans un nuplet de la relation Lecture doit aussi figurer dans au moins un nuplet de la relation Livre L'intégrité peut donc être mise en cause par une modification de Titre dans un nuplet de Livre ou de Lecture, par une suppression d'un nuplet de Livre ou par une insertion de nuplet dans Lecture. Ecrivez un programme C/SQL capable de traiter les deux derniers cas (suppression et insertion) c'est-à-dire qui interdit ces mises à jour si elle ne respectent pas la contrainte.

Exercice 4.8 :

Soit le schéma de la base de données CINEMA :

FILM (Num-F, Titre, année, Durée, Budget, Réalisateur, Salaire-R)

GENERIQUE (Film, Acteur, Rôle, Salaire)

PERSONNE (Num-P, Nom Prénom, Date-Nais, Sexe, Adresse, Tél.)

ACTEUR (Num-A, Agent, Spécialité, Taille, Poids)

CINEMA (Num-C, Nom, Adresse, Téléphone, Compagnie)

PROJECTION (Film, Cinéma, Salle, Date-Deb, Date-Fin, Horaire, Prix)

SALLE (Cinéma, Num-S, Taille-Ecran, Places)

RECOMPENSE (Num-R, Nom, Catégorie, Festival)

RECOMP-FILM (Film, Récompense, Année)

RECOMP-ACTEUR (Acteur, Récompense, Année)

Dans le schéma, NumF, Num-P, Num-A, Num-C et Num-R sont des identifiants uniques (clés primaires) pour respectivement : *FILM*, *PERSONNE*, *ACTEUR*, *CINEMA*, *SALLE* et *RECOMPENSE*.

Tout nom de relation utilisé comme attribut est une clé étrangère qui renvoie à l'identifiant (clé primaire) de la relation correspondante. Par exemple, dans *GENERIQUE*, Film correspond à Num-F de *FILM* et est défini sur le même domaine. Réalisateur dans *FILM* et Num-A dans *ACTEUR* sont définis sur le mêmes domaine que les Num-P.

Remarque : Lorsqu'un acteur reçoit une récompense, le film en reçoit une indirectement. Le même numéro de récompense est inséré à la fois dans la relation *RECOMP-ACTEUR* et dans la relation *RECOMP-FILM*. On a ainsi un lien entre la récompense de l'acteur et le film pour lequel il l'a obtenue.

Exprimer les requêtes suivantes en SQL :

1. Trouver le titre des films réalisés par Roman Polanski.
2. Donner le nom des réalisateurs qui ont joué dans un de leurs films.
3. Donner le nom et le prénom des acteurs qui ont joué gavroche dans une des différentes versions de Misérables avec la date correspondante.
4. Trouver le nom et le prénom des acteurs comiques qui ont joué dans un film de Gérard Oury entre 1975 et 1985.
5. Donner le total des salaires des acteurs du film le Grand Bleu.
6. Donner la moyenne des salaires des acteurs par film, ainsi que le numéro du film.
7. Lister les cinémas dont la taille moyenne d'écran est supérieure à 40 mètres carrés.
8. Donner le titre des films qui ont reçu au moins trois récompenses;
9. Trouver les films qui ne passent dans aucun cinéma de la compagnie FOX.
10. Lister les cinémas qui ont exclusivement passé des films primés.

11. Trouver le nom, le prénom, et le numéro des acteurs qui ont joué dans tous les films de Lelouch, s'il y en a.
12. Pour chaque film de Bergman, trouver le nom et le prénom de l'acteur qui a eu le plus gros salaire.

Exercice 4.9 :

Soit le schéma de la base de données ARBRE GENEALOGIQUE :

PERSONNE (NumPersonne, Nom, Prénom, NuPère, NuMère, Sexe)
UNION (NuMari, NuEpouse)

Exprimer les requêtes suivantes en SQL :

1. Quels sont les enfants de Jean Graton ?
2. Quels est le prénom de la femme de Michel Vaillant ?
3. Combien le docteur March a-t-il de filles ,
4. Quels sont les noms et prénoms des grands-parents maternels de Raymonde Bidochon ?
5. Quels sont les oncles et tantes coté paternel de Gaston Lagaffe ?
6. Quels sont les ancêtres du capitaine Haddock ?

Exercice 4.10 :

Soit une base de données touristique telle que :

STATION (NumSta, NomSta, Altitude, Région)
HOTEL (NumHot, NomHot, NumStat, Catégorie)
CHAMBRE (NumHot, NumCh, NbLits)
RESERVATION (NumCli, NumHot, NumCh, DateDeb, DateFin, NbPers)
CLIENT (NumCli, NomCli, AdrCli, TelCli)

1. Donner les noms des clients et le nombre de personnes correspondante pour les réservations de l'hôtel Bellevue de Courchevel.
2. Pour chaque station de Haute-Savoie, donner le nombre de lits en catégorie trois étoiles.
3. Pour chaque station de Haute-Savoie, donner le nombre de chambres réservées pour le 11/02/95.
4. Quels sont les noms des hôtels de catégorie deux étoiles de Méribel qui sont complets la semaine du 12/02/95 au 18/02/95 ?
5. Quelles sont les régions dont toutes les stations sont à plus de 1500m d'altitude ?
6. Quels sont les clients qui sont allés dans toutes les stations du Jura ?

Exercice 4.11 :

Reprendre l'exercice 2.16 et exprimer les requêtes en SQL.

5. Dépendances Fonctionnelles

Exercice 5.1 : -

Soit le schéma $R(A, B, C, D, E)$ et la relation r . Quelles dépendances fonctionnelles satisfait r ?

r

A	B	C	D	E
a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁
a ₁	b ₂	c ₂	d ₂	e ₁
a ₂	b ₁	c ₃	d ₃	e ₁
a ₂	b ₁	c ₄	d ₃	e ₁
a ₃	b ₂	c ₅	d ₁	e ₁

Attention: Constaté des Dépendances Fonctionnelles satisfaites sur des nuplets de r ne prouve pas que ces dépendances existent sur R .

Exercice 5.2 : -

Soit un univers U et X, Y, Z et W des sous-ensembles d'attributs de U . A t'on les implications logiques suivantes ? Si oui, le montrer, si non donner un contre-exemple.

- | | | |
|--|---------------|---------------------|
| 1. $\{X \rightarrow Y; Z \rightarrow W\}$ | \Rightarrow | XZ \rightarrow YW |
| 2. $\{XY \rightarrow Z; Z \rightarrow X\}$ | \Rightarrow | Z \rightarrow Y |
| 3. $\{X \rightarrow Y; Y \rightarrow Z\}$ | \Rightarrow | X \rightarrow YZ |
| 4. $\{X \rightarrow Y; W \rightarrow Z\}$ et $W \supseteq Y$ | \Rightarrow | X \rightarrow Z |
| 5. $\{W \rightarrow Y, X \rightarrow Z\}$ | \Rightarrow | WX \rightarrow Y |
| 6. $\{X \rightarrow Y\}$ et $Y \supseteq Z$ | \Rightarrow | X \rightarrow Z |
| 7. $\{X \rightarrow Y, X \rightarrow W, WY \rightarrow Z\}$ | \Rightarrow | X \rightarrow Z |
| 8. $\{XY \rightarrow Z, Y \rightarrow W\}$ | \Rightarrow | XW \rightarrow Z |
| 9. $\{X \rightarrow Y, XY \rightarrow Z\}$ | \Rightarrow | X \rightarrow Z |

Exercice 5.3 : Quelles dépendances peut-on trouver sur la base de données "Speedo Finn" ?

Exercice 5.4 :

Soit $F = \{AB \rightarrow C, B \rightarrow D, CD \rightarrow E, CE \rightarrow GH, G \rightarrow A\}$. A-t'on $AB \rightarrow E$? $BG \rightarrow C$? $AB \rightarrow G$?

Exercice 5.5 : Donner les clés, en signalant les surclés, des schémas de relation suivants:

- R1 (cours, étudiant, note)*
- R2 (étudiant, examen, horaire)*
- R3 (n° vol, date départ, porte d'accès, heure départ, destination)*
- R4 (cours, étudiant, note, heure, salle, professeur)*
- R5 (employé, directeur, salaire, service)*

Exercice 5.6 :

L'union de deux clés est-elle une clé? L'intersection? Le montrer ou donner un contre-exemple.

Exercice 5.7 : Soit r et s des relations de schéma R ayant K comme clé. Parmi les relations suivantes, lesquelles ont K comme clé ? Montrez-le ou trouvez des contre-exemples.

- a) $r \cup s$ b) $r \cap s$ c) $r \setminus s$ d) $\pi_K(r)$

Exercice 5.8 :

Calculer F^+ pour $R(A,B,C)$ et $F = \{A \rightarrow B; B \rightarrow C\}$. Clé ?

Exercice 5.9 :

1 Les deux ensembles de dépendances fonctionnelles F et G sont-ils équivalents ?

$$F = \{A \rightarrow B; CE \rightarrow H; C \rightarrow E; A \rightarrow CH\} \quad G = \{C \rightarrow EH, A \rightarrow BC\}$$

2 F est-elle minimale ?

3 Peut-on déduire de F les dépendances fonctionnelles $CE \rightarrow B$ et $AB \rightarrow C$? On utilisera pour chaque cas deux démonstrations différentes. En cas de réponse négative on pourra utiliser un contre-exemple.

Exercice 5.10 :

Soit $R(A,B,C,D)$ et $F = \{A \rightarrow B; B \rightarrow C\}$,

1 Quelle est la clé de R ?

2 Quelle est la fermeture A^+ de A ?

Exercice 5.11 :

Soit $U = (A,B,C,D,E,G)$

$$\text{et } F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow A, BC \rightarrow D, ACD \rightarrow B, D \rightarrow EG, BE \rightarrow C, CG \rightarrow BD, CE \rightarrow AG\}$$

1 Etablir $[C]^+$, $[BD]^+$

2 En déduire des dépendances non triviales de F^+ qui n'appartiennent pas à F .

3 Mettre les dépendances F sous forme canonique (i.e. un seul attribut en partie droite).

Que peut-on dire des dépendances:

$$CE \rightarrow A$$

$$CG \rightarrow B$$

$$ACD \rightarrow B ?$$

4 En déduire deux couvertures F_1 et F_2 de F . Comparez leurs nombres de dépendances.

5 Proposez un algorithme permettant d'établir que F_1 (resp. F_2) est une couverture minimale de F .

6 Proposez un algorithme permettant d'établir que deux familles de dépendances sont équivalentes.

Dans chacun des cas e) et f), on prouvera l'algorithme et on le programmera.

Exercice 5.12 :

Soit la famille de dépendances fonctionnelles F suivante : $A \rightarrow B, E \rightarrow G, ABD \rightarrow CG, CD \rightarrow EG$. Après avoir rappelé la définition d'une famille de dépendances équivalente à F et qui soit minimale vous en proposerez une, soit G . Vous détaillerez soigneusement les différentes étapes de votre raisonnement, ainsi que le ou les algorithmes que vous utilisez. Vous montrerez l'équivalence et la minimalité.

Exercice 5.13 :

Soit la relation $R(A,B,C,D,E)$ et la famille de dépendances fonctionnelles $F = \{A \rightarrow B, BC \rightarrow DE, E \rightarrow G, AB \rightarrow C, E \rightarrow G, A \rightarrow G\}$. F est-elle minimale ? Si non établissez une famille F' équivalente à F et minimale. Vous démontrerez comment vous passez de F à F' en conservant à chaque étape du calcul l'équivalence. Puis vous montrerez que F' est minimale.

6. Conception de Schéma et Formes Normales

Exercice 6.1 :

Montrer à l'aide d'exemples qu'une décomposition peut être sans perte d'information (SPI) mais perdre des dépendances (non SPD), et qu'elle peut préserver les dépendances et perdre de l'information.

Exercice 6.2 :

Soit $F = \{ AB \rightarrow C ; A \rightarrow B \}$

- 1 Trouver une couverture minimale de F
- 2 Montrer à l'aide d'un exemple que : $G = \{ A \rightarrow B ; B \rightarrow C \}$ n'est pas une couverture minimale de F .

Exercice 6.3 :

- 1 En quelle forme normale sont les relations suivantes :
 - a) $R(\text{Cours}, \text{Etudiant}, \text{Age}, \text{Note})$
 $\{ \text{Cours}, \text{Etudiant} \rightarrow \text{Note} ; \text{Etudiant} \rightarrow \text{Age} \}$
 - b) $R(\text{Etudiant}, \text{Examen}, \text{Heure})$
 $\{ \text{Heure}, \text{Etudiant} \rightarrow \text{Examen} ; \text{Examen} \rightarrow \text{Heure} \}$
 - c) $R(\text{Nom-Résident}, \text{Adresse}, \text{n}^\circ \text{Appartement}, \text{n}^\circ \text{Tel})$
 $\{ \text{Adresse}, \text{n}^\circ \text{Appartement} \rightarrow \text{Nom-Résident};$
 $\text{Nom-Résident}, \text{Adresse} \rightarrow \text{n}^\circ \text{Tel} \}$
- 2 Pour chaque relation montrer les redondances.
- 3 Si ces relations ne sont pas en 3NF, les décomposer en un ensemble de relations 3NF.
- 4 Propriétés de ces décompositions ?

Exercice 6.4 :

Même question, mais au lieu de la forme 3NF, on considèrera la forme BCNF pour

- 1 $R(\text{Heure}, \text{Cours}, \text{Professeur}, \text{Note}, \text{Salle}, \text{Etudiant})$
 $\text{Cours} \rightarrow \text{Professeur}$
 $\text{Cours}, \text{Etudiant} \rightarrow \text{Note}$
 $\text{Heure}, \text{Salle} \rightarrow \text{Cours}$
 $\text{Etudiant}, \text{Heure} \rightarrow \text{Cours}, \text{Salle}.$
- 2 $R(\text{Fournisseur}, \text{Adresse}, \text{Raison Sociale}, \text{n}^\circ \text{Produit},$
 $\text{Libellé-Produit}, \text{Quantité}, \text{Prix}, \text{n}^\circ \text{Commande}, \text{Délai}, \text{Date})$
 $\text{n}^\circ \text{Commande} \rightarrow \text{Fournisseur}, \text{Délai}, \text{Date}$
 $\text{Fournisseur} \rightarrow \text{Raison Sociale}, \text{Adresse}$
 $\text{n}^\circ \text{Commande}, \text{n}^\circ \text{Produit} \rightarrow \text{Quantité}$
 $\text{n}^\circ \text{Produit}, \text{Fournisseur} \rightarrow \text{Prix}$
 $\text{n}^\circ \text{Produit} \rightarrow \text{Libellé-Produit}$
- 3 $\text{Voiture}(\text{n}^\circ \text{Voiture}, \text{Marque}, \text{Modèle}, \text{Puissance}, \text{Couleur})$
 $\text{Voiture} \rightarrow \text{Couleur}, \text{Modèle}$
 $\text{Modèle} \rightarrow \text{Marque}, \text{Puissance}$

Exercice 6.5 :

Décomposition BCNF et SPI, puis décomposition 3NF, SPI et SPD de :

Banque (Agence, Actif, Ville-Agence, Emprunt, Client, Montant)

Agence → *Actif*

Agence → *Ville-Agence*

n° Emprunt → *Montant*

n° Emprunt → *Agence*

Exercice 6.6 :

Soit :

R (Professeur, Certificat, Département, ResponsableDépartement)

et les dépendances fonctionnelles :

Département → *ResponsableDépartement*

Professeur → *Département*

- 1 Trouver une décomposition de ce schéma en 3ème forme normale, qui préserve les dépendances et soit sans perte d'information.
- 2 Cette décomposition est-elle BCNF ?

Exercice 6.7 :

Soit $R(A,B,C,D,E)$ un schéma de relation et les dépendances fonctionnelles :

$DE \rightarrow A$ et $B \rightarrow C$

- 1 En quelle forme normale est R ?
- 2 Proposez une décomposition de R en 3^{ème} forme normale. Préserve-t-elle l'information ?

Exercice 6.8 :

On considère la base de données d'une société d'investissement à succursales multiples dont les attributs sont : Courtier, Agence, Ville de l'agence, Investisseur, Titre, Quantité du titre détenue par l'investisseur, Dividende du titre. Par la suite on désignera les attributs par leur initiale et on notera par R la relation $R(C,A,V,I,T,Q,D)$.

Les dépendances fonctionnelles sont: $\{ T \rightarrow D; I \rightarrow C; IT \rightarrow Q; C \rightarrow A \}$.

- 1 On choisit de décomposer R en $R_1(I,T,Q,D)$ et $R_2(C,I,A,V)$. Quelles redondances et quelles anomalies comporte cette décomposition ? En quelle forme normale est chacune de ces relations ?
- 2 On décompose maintenant R en $S_1(T,D)$, $S_2(C,I)$, $S_3(I,T,Q)$, $S_4(C,A,V)$. Quelles sont les propriétés de cette décomposition ? (préservation de l'information, des dépendances, normalité)
- 3 Trouvez une décomposition de R en 3ème forme normale sans perte d'information et préservant les dépendances. Cette décomposition est-elle en forme normale de Boyce-Codd ?
- 4 On considère maintenant la décomposition en R en $W_1(I,T,Q)$, $W_2(C,I)$, $W_3(T,D)$ et $W_4(I,T,A,V)$.

Trouver les couvertures minimales des dépendances projetées sur chacun des schémas de relation de la décomposition. En déduire une couverture minimale de l'union des dépendances projetées. Cette décomposition préserve-t-elle des dépendances ?

Exercice 6.9 :

On considère la base de données d'une compagnie de fret aérien. Elle comporte les attributs I (identificateur de l'avion), T (type de l'avion), V (identificateur du vol), F (fret transporté par un avion lors d'un vol), A (aéroport), J (jour) et H (heure de départ). On suppose qu'un vol est une suite d'escales dans des aéroports au cours desquelles l'avion prend en charge une seule cargaison qu'il livre dans des aéroports successifs. En dépit des décalages horaires on supposera que la vitesse des avions et les temps de déchargement sont tels qu'au cours d'une journée un avion décolle au plus une fois par heure. Par suite la base de données comporte les dépendances fonctionnelles suivantes:

$$F = \{I \rightarrow T; V \rightarrow IF; IJH \rightarrow AV\}$$

- 1 En quelle forme normale est la relation $R(A, F, I, J, H, T, V)$?
- 2 Proposez une décomposition de R en forme BCNF sans perte d'information ?
- 3 Proposez une décomposition sans perte d'information et sans perte de dépendance en 3ème forme normale ?
- 4 Expliquez ces résultats.

Exercice 6.10 :

Soit la relation $R(I, J, K, L)$ et la famille de dépendances fonctionnelles:

$$F = \{JK \rightarrow L; J \rightarrow I; IK \rightarrow L\} \text{ sur } R.$$

- 1 Trouvez une couverture minimale de F . On établira le résultat à l'aide des fermetures d'attributs. On le montrera ensuite à nouveau par les axiomes d'Amstrong.
- 2 En quelle forme normale est R et de quel type est chacune des dépendances ?
- 3 Proposez une décomposition de R en 3ème forme normale préservant les dépendances fonctionnelles, la décomposition comportant seulement deux relations.
- 4 La décomposition proposée en 3 est-elle sans perte d'information ? Si non, pouvez-vous modifier le schéma pour avoir une décomposition préservant les dépendances fonctionnelles et sans perte d'information? En quelle forme normale est chacune des relations de cette seconde décomposition?

Exercice 6.11 :

Soit le schéma $R(A, B, G, D, E)$ avec la famille F de dépendances fonctionnelles:

$$\{DE \rightarrow A; B \rightarrow D; AG \rightarrow E; AGE \rightarrow D; BD \rightarrow A; ABD \rightarrow G\}$$

- 1 La décomposition du schéma R en schémas $AGDE$, DE , BD , AGE est-elle sans perte d'information?
- 2 La dépendance $BD \rightarrow E$ fait-elle partie de F^+ ?
- 3 Trouver la fermeture de B et celle de AG .
- 4 Proposez une famille F_I équivalente à F et minimale.

Exercice 6.12 :

Soit un schéma de relation R et deux ensembles de dépendances fonctionnelles F et G sur R . On définit $Sat(F)$ comme l'ensemble des extensions r de R qui satisfont F . Comparez les ensembles suivants:

- 1 $Sat(F \cap G)$ et $Sat(F) \cap Sat(G)$
- 2 $Sat(F \cup G)$ et $Sat(F) \cup Sat(G)$

Exercice 6.13 :

Quel intérêt voyez-vous à la définition des formes normales de relation ?

Pourquoi la forme normale BCNF est-elle plus recherchée que la troisième forme normale ? Illustrez votre réponse par des exemples.

Exercice 6.14 :

Comment est caractérisée une décomposition sans perte d'information (resp. de dépendance) ? Illustrez par des exemples bien choisis l'intérêt de la décomposition sans perte d'information (resp. de dépendance) et les inconvénients de la décomposition avec perte d'information (resp. de dépendance).

Exercice 6.15 :

Soit la relation $R(A,B,C,D,E,G,H)$ et les dépendances fonctionnelles : $AD \rightarrow G$, $B \rightarrow D$, $CDE \rightarrow A$

- 1 Quelles sont les clés minimales de R ? Expliquez le raisonnement que vous faites.
- 2 R a-t-elle des dépendances partielles ? transitives ? si oui dites lesquelles après avoir rappelé les définitions correspondantes.
- 3 En quelle forme normale est R ?
- 4 La décomposition de R en $R_1(A,C,D,E)$ et $R_2(A,B,G,H)$ est-elle "sans perte d'information". Vous proposerez deux démonstrations, dont une basée sur un contre-exemple en cas de réponse négative.
- 5 Proposez une décomposition BCNF et sans perte d'information de R . Est-elle "sans perte de dépendance" ? Vous détaillerez les différentes étapes de l'algorithme que vous utilisez pour faire cette décomposition.
- 6 Proposez une décomposition 3NF, SPI et SPD de R , après avoir présenté l'algorithme de décomposition correspondant. Conclusion ?

Exercice 6.16 :

Soit la relation $R(A,B,C,D,E)$ et la famille de dépendances fonctionnelles $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow DE, E \rightarrow AB\}$. On décompose R en $R_1(A,B,D)$ et $R_2(C,E)$.

- 1 Quelles sont les dépendances projetées sur R_1 et sur R_2 (dans chacun des 2 cas vous établirez une famille minimale de dépendances projetées) ? Vous distinguerez soigneusement les dépendances issues de F et celles issues de F^+ et non de F . Pour ces dernières vous montrerez de deux manières différentes (axiomes d'Amstrong et fermetures de famille d'attributs) comment vous les avez établies.
- 2 La décomposition de R en R_1 et R_2 est-elle sans perte de dépendance ? Démontrez.

Exercice 6.17 :

Soit la relation $R(A,B,C,D,E,G,H)$ et la famille de dépendances fonctionnelles $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow DE, D \rightarrow AG, G \rightarrow E\}$.

- 1 Rappelez comment on procède pour établir les clés minimales d'une relation.
- 2 Etablissez les clés de R .
- 3 Rappelez les définitions des dépendances partielles et transitives et illustrez vos définitions par des dépendances de F ou de F^+ dont vous préciserez comment vous les avez établies.
- 4 En quelle forme normale est R ? pourquoi ?
- 5 La décomposition de R en $R_1(A,B,C)$ et $R_2(C,E,G,H)$ est-elle sans perte d'information ? Selon votre réponse proposez deux démonstrations ou une démonstration et un contre-exemple.
- 6 Rappelez la définition de la forme BCNF et l'algorithme de décomposition sans perte d'information d'un schéma de relation en relations BCNF. Appliquez cet algorithme à R . Conclusion.
- 7 Rappelez la définition de la forme 3NF et l'algorithme de décomposition sans perte d'information et sans perte de dépendance d'un schéma de relation en relations 3NF. Appliquez cet algorithme à R . En quelle forme normale sont les relations de la décomposition ? Conclusion.

Exercice 6.18 :

Soit S le schéma de base de données relationnelle suivant, sur lequel on a défini un ensemble F de dépendances fonctionnelles.

$$S = \{ R(A,B,C,D, E) \} \quad F = \{ AB \rightarrow C, EC \rightarrow B, B \rightarrow E \}$$

F est-elle minimale ? Expliquez votre réponse.

- 1 Quelles sont les clés minimales de R ? Montrez comment vous les obtenez
- 2 Donnez 1 exemple de redondance susceptible d'apparaître dans une instance de R ?
- 3 S est-il en forme normale de Boyce-Codd ? S est-il en 3ème forme normale ?
- 4 Quelles sont les dépendances projetées sur $R1$ et sur dans la décomposition de S en un nouveau schéma $S' = \{ R1(C,D,E), R2(A,B,C,E) \}$? La décomposition de S en S' est-elle sans perte de dépendances ?
- 5 La décomposition de S en S' est-elle sans perte d'information ? Si oui prouvez le, si non montrez un contre-exemple.

Exercice 6.19 :

Soit S le schéma de base de données relationnelle suivant, sur lequel on a défini un ensemble F de dépendances fonctionnelles.

$$S = \{ R(A,B,C,D, E) \} \quad F = \{ DE \rightarrow C, C \rightarrow B, B \rightarrow E \}$$

- 1 F est-elle minimale ? Expliquez votre réponse.
- 2 Quelles sont les clés minimales de R ? Montrez comment vous les obtenez.
- 3 Quelles redondances sont susceptibles d'apparaître dans une instance de R ?
- 4 En quelle forme normale est S ?
- 5 La décomposition de S en $S' = \{ R1(C,D,E), R2(A,B,D,E) \}$ est-elle sans perte d'information ? Si oui prouvez le, si non montrez un contre-exemple.
- 6 Quelles sont les dépendances projetées sur $R1$ et sur $R2$? La décomposition de S en S' est-elle sans perte de dépendances ?
- 7 Proposez une décomposition de S , sans perte d'information, sans perte de dépendances et en 3è forme normale. Que pensez-vous du schéma ainsi obtenu ?