

## Fiche TD2 : Bases de Données

1<sup>er</sup> Année Second Cycle Ingénieur

**Exercice 1 :** Transformer les schémas conceptuels des Exo. 1-7 de la fiche TD 1 en Schémas relationnels.

### Exercice 2 :

Un réseau de garages utilise une base de données relationnelle pour répertorier les informations sur les réparations de voitures effectuées dans les garages du réseau. La base utilisée a le schéma suivant :

Garage (idGarage, nomGarage, gérant)

Véhicule (immatriculation, marque, modèle, propriétaire, garageVendeur)

Réparation (idGarage, immatriculation, date)

Personne (nom, adresse, âge)

1. Identifier les clés étrangères dans chaque relation.
2. En se basant seulement sur le schéma relationnel et indépendamment de la vraisemblance de la situation, est-il possible qu'un véhicule soit réparé plusieurs fois dans le même garage ? Justifiez votre réponse.
3. Reconstruire le schéma E/A.

### Exercices 3 :

Soit un schéma de bases de données contenant les relations suivantes :

Bureau(NumBureau, NumTelephone, Taille) , avec FBureau = { NumBureau  $\rightarrow$  NumTelephone, Taille; NumTelephone  $\rightarrow$  NumBureau; }

Occupant(NumBureau, PersonnelID) , avec FOccupant = { NumBureau  $\rightarrow$  PersonnelID }

Materiel(NumBureau, NumPC) , avec FMateriel = { NumPC  $\rightarrow$  NumBureau } 1.

1. Les contraintes ci-dessous sont-elles vérifiées par ce schéma de bases de données? Si la réponse est positive, expliquez pourquoi. Si la réponse est négative, indiquez quelle(s) dépendance(s) fonctionnelle(s) il faut ajouter/supprimer ou modifier pour que la contrainte soit vérifiée.

(a) "Un bureau peut contenir plusieurs postes téléphoniques."

(b) "Il y a une et une seule personne par bureau."

(c) "Un bureau contient un seul ordinateur."

2. A partir des familles de dépendances fonctionnelles initiales données dans l'énoncé, indiquez quelles sont les clés minimales possibles de chaque relation.

### Exercice 4 :

Soit une table T(a,b,c,d,e,f,g,h) et l'ensemble suivant de dépendances fonctionnelles :

D = {  
b, e  $\rightarrow$  a, c;  
b  $\rightarrow$  h;  
f  $\rightarrow$  c, d;  
d  $\rightarrow$  g;  
}

1. Dessinez le graphe de dépendances correspondant aux dépendances fonctionnelles de D.
2. Identifiez la (les) clé(s) candidate(s) de la table T.

3. Appliquez l'algorithme de décomposition sur la table T, en utilisant les dépendances fonctionnelles de D, pour normaliser T selon la forme normale de Boyce-Codd (FNBC). Détaillez chacune des étapes.  
*Note : Indiquez clairement les étapes de la décomposition ainsi que les clés primaires et étrangères des tables créées par celle-ci.*
4. Dites si le schéma obtenu est en troisième forme normale (3FN).

**Exercice 5 :**

On considère une relation R construite sur les attributs Propriétaire, Occupant, Adresse, Noapt, Nbpièces, Nbpersonnes, un nuplet (p, o, a, n, nb1, nb2) ayant la signification suivante : la personne o habite avec nb2 personnes l'appartement de numéro n ayant nb1 pièces dont le propriétaire est p.

Une analyse de cette relation nous fournit un ensemble initial E de dépendances fonctionnelles :

occupant  $\rightarrow$  adresse

occupant  $\rightarrow$  noapt

occupant  $\rightarrow$  nbpersonnes

adresse, noapt  $\rightarrow$  propriétaire

adresse, noapt  $\rightarrow$  occupant

adresse, noapt  $\rightarrow$  nbpièces

- 1- Donner l'ensemble des dépendances fonctionnelles élémentaires engendrées par E.
- 2- Quelles sont les clés potentielles de R ?
- 3- R est-elle en 3ème forme normale ?

**Exercice 6 :** On considère le schéma relationnel R défini sur les attributs suivants :

C : cours, P : professeur, H : heure, S : salle, E : étudiant, N : note

Un nuplet (c, p, h, s, e, n) a pour signification que le cours c est fait par le professeur p à l'heure h dans la salle s par l'étudiant e qui a reçu la note n.

L'ensemble E des dépendances fonctionnelles initiales est le suivant :

C  $\rightarrow$  P

H, S  $\rightarrow$  C

H, P  $\rightarrow$  S

C, E  $\rightarrow$  N

H, E  $\rightarrow$  S

- 1- Donner l'ensemble des dépendances fonctionnelles élémentaires engendrées par E.
- 2- Quelle est la clé de la relation R ? Montrer qu'elle est unique.
- 3- Quelle est la forme normale de la relation R ? Si elle n'est pas en 3FN proposer une décomposition en 3FN.

**Exercice 7 :** Soit le Schéma de relation R (A, B, C, D, E) et L'ensemble F des dépendances fonctionnelles initiales :  $F = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$ .

1. Donner la fermeture de l'ensemble F ( $F^+$ )
2. Énumérez les clés candidates pour R.
3. Donner la couverture Minimale de F ( $F_c$ ).
4. Quelle est la forme normale de la relation R ? Si elle n'est pas en 3FN proposer une décomposition en 3FN.

**Exercice 8 :** Soit un schéma de relation R (X, Y, T, W, Z) qui satisfait les DFs.  $\{XYT \rightarrow WZ, Z \rightarrow YTW\}$

1. Quelles sont les clés de R.
2. En quelle forme normale est R ?
3. Si R n'est pas en 3FN, proposer une décomposition en 3FN.

# Solutions

Exercice 1 : A faire au vu des règles de transformations

Exercice2 : cet exercice sera réalisé au niveau du Cours.

## 1. Identifier les clés étrangères dans chaque relation.

Dans Garage : gérant clé étrangère  $\rightarrow$  Personne.

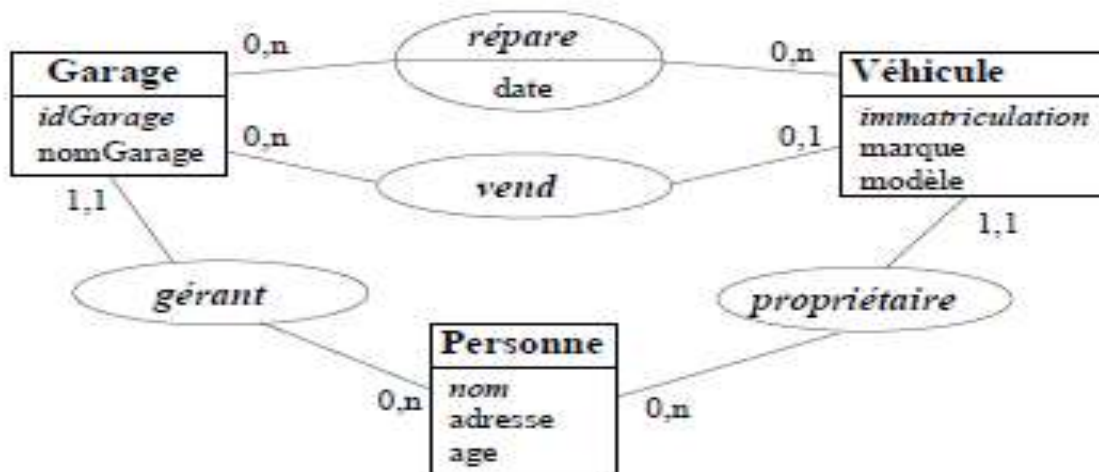
Dans Véhicule : propriétaire clé étrangère  $\rightarrow$  Personne et garageVendeur  $\rightarrow$  Garage.

Dans Réparation : idGarage clé étrangère  $\rightarrow$  Garage et immatriculation  $\rightarrow$  Véhicule.

## 2. En se basant seulement sur le schéma relationnel et indépendamment de la vraisemblance de la situation, est-il possible qu'un véhicule soit réparé plusieurs fois dans le même garage ?

Un véhicule ne peut pas être réparé plusieurs fois dans le même garage, même à des dates différentes, car le couple (idGarage, immatriculation) est une clé pour Réparation. Par contre, un même véhicule peut apparaître associé à des garages différents.

## 3. Reconstruire le schéma E/A.



**Exo 3:** 1. Vérification des contraintes exprimées par des dépendances fonctionnelles :

(a) "Un bureau peut contenir plusieurs postes téléphoniques" Cette contrainte n'est pas vérifiée car FBureau contient la dépendance fonctionnelle NumBureau  $\rightarrow$  NumTéléphone donc à un bureau est associé un et un seul numéro de téléphone. Pour que la contrainte soit vérifiée, il faudrait supprimer cette dépendance fonctionnelle.

(b) "Il y a une et une seule personne par Bureau." Cette contrainte est vérifiée car FOccupant contient la dépendance fonctionnelle NumBureau  $\rightarrow$  PersonnelID, donc à un numéro de bureau est associée une et une seule personne.

(c) "Un bureau contient un seul ordinateur." Cette contrainte n'est pas vérifiée car il y a juste l'information qu'un ordinateur est dans un seul bureau (NumPC  $\rightarrow$  NumBureau) mais pas l'inverse. Pour que la contrainte soit vérifiée, il faudrait ajouter la dépendance fonctionnelle NumBureau  $\rightarrow$  NumPC.

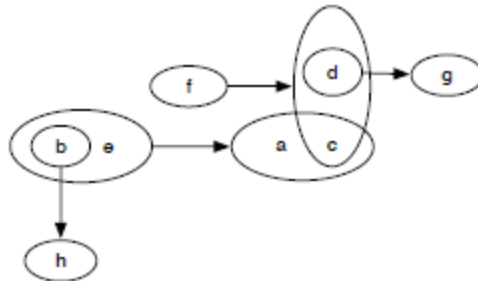
2. Détermination des clés minimales des relations : FBureau = { NumBureau  $\rightarrow$  NumTéléphone, Taille; NumTéléphone  $\rightarrow$  NumBureau; }

La relation Bureau a donc deux clés minimales possibles : NumBureau et NumTéléphone. En effet, à partir de l'attribut NumBureau il est possible de déduire les deux autres attributs de la relation (par la première dépendance fonctionnelle). Par l'attribut NumTéléphone, il est possible de déduire NumBureau (2ème dépendance fonctionnelle) et donc l'attribut Taille (par la première dépendance fonctionnelle). On a donc :

$[NumBureau] \rightarrow \{NumBureau, NumT\ elephone, T\ aille\}$  car  $NumBureau \rightarrow NumT\ elephone, T\ aille.$  et  $[NumT\ elephone] \rightarrow \{NumT\ elephone, NumBureau, T\ aille\}$ , car  $NumT\ elephone \rightarrow NumBureau$  et donc par transitivité avec  $NumBureau \rightarrow T\ aille$ , on obtient  $NumT\ elephone \rightarrow T\ aille.$   $FOccupant = \{ NumBureau \rightarrow P\ ersonnelID \}$  La relation Occupant a donc une seule clé minimale possible : NumBureau.  $FMateriel = \{ NumP\ C \rightarrow NumBureau \}$  La relation Materiel a donc une seule clé minimale possible : NumP C.

Exo 4 :

### 1. Graphe de dépendances



### 2. Clé Candidate

Une clé candidate est un ensemble minimal de colonnes permettant de déterminer toutes les autres colonnes de la table. La seule clé candidate est l'ensemble  $\{b, e, f\}$  car celui-ci couvre toutes les colonnes:  $\{b, e, f\}^+ = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$ . Dans le diagramme à bulles, on peut atteindre toutes les autres colonnes à partir de celles-ci.

### 3. Décomposition

Rappelons qu'une dépendance fonctionnelle  $X \rightarrow Y$  d'une table T viole la FNBC si X n'est pas une clé candidate de T. Pour une telle DF on crée une nouvelle table contenant les colonnes de X et Y, et on retire de T les colonnes de Y. On répète le processus tant qu'une DF non-FNBC est trouvée.

Étape 1 :  $d \rightarrow g$  (DF non-FNBC dans T)

On sépare T en 2 tables :

□ Reste1(a,b,c,d,e,f,h), d est une FK

□ Table1(d,g), d est la PK

Étape 2 :  $b \rightarrow h$  (DF non-FNBC dans Reste1)

On sépare Reste1 en 2 tables :

□ Reste2(a,b,c,d,e,f), b et d sont des FK

□ Table2(b,h), b est la PK

Étape 3 :  $f \rightarrow c, d$  (DF non-FNBC dans Reste2)

On sépare Reste2 en 2 tables :

Reste3(a,b,e,f), b et f sont des FK

□ Table3(f,c,d), f est la PK, d est une FK vers Table1

Étape 4 :  $b, e \rightarrow a$  (DF non-FNBC dans Reste3)

On sépare Reste3 en 2 tables :

□ Reste4(b,e,f), (b,e) et f sont des FK

□ Table4(b,e,a), (b,e) est la PK, b est une FK vers Table2

Étape 5 : (b,e,f) est une clé candidate de Reste4, il n'y a donc plus de DF violant la FNBC.

Le schéma final normalisé en 3FN est donc :

□ Table1(d,g)

□ Table2(b,h)

□ Table3(f,c,d), d est FK vers Table1

□ Table4(b,e,a), b est FK vers Table2

□ Table5(b,e,f), (b,e) est FK vers Table4, f est FK vers Table3

**Note** : on peut obtenir un schéma différent en changeant l'ordre dans lequel on considère les DF à normaliser.

### 4. schéma obtenu est en troisième forme normale (3FN) ???

Oui. Par définition, comme la FNBC est plus stricte, tout schéma en FNBC est en 3FN.

### Exo 5 : 1- Fermeture transitive de E :

occupant  $\rightarrow$  adresse et occupant  $\rightarrow$  noapt donc

occupant  $\rightarrow$  adresse, noapt

Par transitivité on a donc :

occupant  $\rightarrow$  propriétaire

occupant  $\rightarrow$  nbpièces

On a donc :

occupant  $\rightarrow$  adresse, noapt, nbpersonnes, propriétaire, nbpièces

adresse, noapt  $\rightarrow$  propriétaire, occupant, nbpièces, nbpersonnes

La DF adresse, noapt  $\rightarrow$  nbpersonnes est obtenue par transitivité avec occupant

### 2- Clés potentielles de R?

Une clé est un (ensemble d') attribut qui dérive tous les autres. Si on regarde la fermeture transitive de E, on voit que :

occupant ainsi que adresse, noapt sont dans ce cas. Il y a donc deux clés potentielles.

### 3- Forme normale de R :

Pour déterminer la forme normale de R, il faut d'abord distinguer les attributs clés des attributs non clés :

Attributs clés : adresse, occupant, noapt

Attributs non clés : nbpersonnes, propriétaire, nbpièces

Une relation est forcément en 1<sup>ere</sup> forme normale. Elle est en 2<sup>eme</sup> forme normale si tous les attributs non clés dépendent pleinement des clés. Ici c'est le cas, aucun attribut non clé ne dépend que de l'adresse ou noapt.

Une relation est en 3<sup>eme</sup> forme normale s'il n'existe pas de dépendance fonctionnelle entre deux attributs non clés. C'est le cas ici. R est donc en 3<sup>eme</sup> forme normale.

### Exo 6 :

#### 1- Fermeture transitive de E :

$C \rightarrow P$  et  $H, P \rightarrow S$  donc  $H, C \rightarrow S$

$H, S \rightarrow C$  et  $C \rightarrow P$  donc  $H, S \rightarrow P$

$H, P \rightarrow S$  et  $H, S \rightarrow C$  donc  $H, P \rightarrow C$

$H, E \rightarrow S$  et  $H, S \rightarrow C$  donc  $H, E \rightarrow C$  donc  $H, E \rightarrow P$

$H, E \rightarrow C$  et  $C, E \rightarrow N$  donc  $H, E \rightarrow N$

En résumé on a :

$C \rightarrow P$

$H, C \rightarrow S$

$H, S \rightarrow C, P$

$H, P \rightarrow S, C$

$C, E \rightarrow N$

$H, E \rightarrow S, C, P, N$

#### 2- Clé de R :

De la fermeture transitive on déduit que H, E est une clé potentielle (dérive tous les autres attributs).

Elle est unique car H, E sont les seuls attributs qui ne sont pas en partie droite de DF. Donc ils appartiennent forcément à toutes les clés. Comme H, E est déjà une clé, il ne peut y en avoir d'autres (critère de minimalité).

#### 3- Décomposition de R :

R1, R2, R3 et R4 sont obtenues en décomposant R selon l'arbre suivant.

R1 est obtenue en décomposant le schéma initial selon la DF  $C, E \rightarrow N$ .

C'est la seule DF de R1 donc la clé est C, E. R1 est bien évidemment en 3<sup>eme</sup> forme normale (une seule DF).

R2 est obtenue par la DF  $C \rightarrow P$ . Là encore une seule DF, donc C est la clé de R2 et R2 est en 3<sup>eme</sup> forme normale.

R3 est obtenue par la DF  $H, S \rightarrow C$  ou la DF  $H, C \rightarrow S$ . Deux clés possibles H, S ou bien H, C. R3 est aussi en 3<sup>eme</sup> forme normale.

R4 est obtenue par la DF  $H, E \rightarrow C$ . La clé est donc H, E et R4 est en 3<sup>eme</sup> forme normale.

**Exo 7 :** Soit le Schéma de relation  $R(A, B, C, D, E)$  et L'ensemble  $F$  des dépendances fonctionnelles initiales :  
 $F = \{A \rightarrow BC, CD \rightarrow E, B \rightarrow D, E \rightarrow A\}$ .

1. Donner la fermeture de l'ensemble  $F$  ( $F^+$ )

$A \rightarrow BC, \Rightarrow A \rightarrow B$  and  $A \rightarrow C$  (décomposition).

$A \rightarrow B$  and  $B \rightarrow D \Rightarrow A \rightarrow D$  (transitivité)

$A \rightarrow CD$  and  $CD \rightarrow E, A \rightarrow E$  (union, décomposition, transitivité)

$A \rightarrow A$ , (réflexivité)

Ainsi,  $A \rightarrow ABCDE$  (union)

$E \rightarrow A, E \rightarrow ABCDE$  (transitivité)

$CD \rightarrow E, CD \rightarrow ABCDE$  (transitivité)

$B \rightarrow D$  and  $BC \rightarrow CD, BC \rightarrow ABCDE$  (augmentative, transitivité)

Aussi,  $C \rightarrow C, D \rightarrow D, BD \rightarrow D$ , etc.

Par conséquent, toute dépendance fonctionnelle avec  $A, E, BC$  ou  $CD$  sur Côté gauche de la flèche appartient à  $F^+$ , peu importe quels autres attributs apparaissent Dans DF. Autoriser  $*$  à représenter tout ensemble d'attributs dans  $R$ , alors  $F^+$  est :

$BD \rightarrow B, BD \rightarrow D, C \rightarrow C, D \rightarrow D, BD \rightarrow BD, B \rightarrow D$ ,

$B \rightarrow B, B \rightarrow BD$ , et toutes les DFs de la forme  $A * \rightarrow a, BC * \rightarrow a$ ,

$CD * \rightarrow a, E * \rightarrow a$  où  $a$  n'importe quel sous ensemble de  $\{A, B, C, D, E\}$ .

1. Énumérez les clés candidates pour  $R$ .

*Les clés candidates sont les suivantes :  $A, BC, CD$ , and  $E$ .*

2. Donner la couverture Minimale de  $F$  ( $F_c$ ).

$A \rightarrow BC$

$CD \rightarrow E$

$B \rightarrow D$

$E \rightarrow A$

3. Quelle est la forme normale de la relation  $R$  ? Si elle n'est pas en 3FN proposer une décomposition en 3FN.

$R$  est en 2FN

Décomposition en relation en 3FN :

$R_1(A, BC)$

$R_2(E, A)$

$R_3(E, D)$

**Exo 8 :**

Comme  $X$  n'est jamais dans la partie droite d'une DFs on ne peut pas l'obtenir à partir d'autres attributs, donc chaque clé contient  $X$ . Si une clé ne contient pas  $Z$ , pour appliquer les DFs on a besoin de  $Y$  et de  $T$ , donc la clé contient  $XYT$ . La vérification directe montre qu'à partir d' $XYT$  on peut tout obtenir, donc c'est une clé (et il n'y a pas d'autres sans  $Z$ ). Si une clé contient  $Z$ , elle contient  $XZ$ , et on peut facilement tout obtenir à partir de  $XZ$ . Donc la seule clé qui contient  $Z$  est  $XZ$ .

Conclusion : il y a deux clés  $XYT$  et  $XZ$

1. Bien sûr les attributs sont atomiques et  $R$  est en 1NF. La DFs  $Z \rightarrow W$  part d'une partie propre ( $Z$ ) d'une clé ( $XZ$ ) vers un attribut  $W$  qui n'appartient à aucune clé. Par conséquent  $R$  n'est pas en 2NF.

Conclusion : seulement 1NF.

2. Décomposition en 3FN :

$R = R_1 * R_2$

$R_1(Z, YTW)$

$R_2(Z, X)$