1) Soit la table $T(a, b, c, d)$ et l'ensemble de dépendances fonctionnelles $D = \{a \rightarrow b; a, b \rightarrow c, d\}$.

a) Produisez une couverture minimale pour D.

$min(D) = \{a \rightarrow b; a \rightarrow c; a \rightarrow d\}$

b) Quelles sont les clés candidates de la table T ?

Une seule clé candidate : $\{a\}$

2) Soit la table $T(a, b, c, d)$ et l'ensemble de dépendances fonctionnelles $D = \{a \rightarrow b; b \rightarrow c ; c \rightarrow b ; a \rightarrow c\}$. Calculez min(D).

Il y a deux solutions $min(D) = \{a \rightarrow b ; b \rightarrow c ; c \rightarrow b\}$ ou $\{a \rightarrow c ; b \rightarrow c ; c \rightarrow b\}$

3) Soit la table $T(a, b, c, d)$ et l'ensemble de dépendances fonctionnelles $D = \{a \rightarrow b; b \rightarrow a ; b \rightarrow c ; a \rightarrow c\}$.

a) Calculez $min(D)$.

Deux solutions : $min(D) = \{a \rightarrow b; b \rightarrow a ; b \rightarrow c\}$ ou $\{a \rightarrow b; a \rightarrow c; b \rightarrow a\}$

b) La dépendance $a, b \rightarrow c$ est-elle pleine ?

Non, car $a \rightarrow c$

c) La dépendance $a \rightarrow a., c$ est-elle élémentaire ?

Non (a est dans la partie gauche et droite)

d) La dépendance $a \rightarrow c$ est-elle élémentaire ?

Oui

e) Calculez $\{a\}^+$, $\{b\}^+$ à l'aide de la fonction *Fermeture*.

$\{a\}^+ = \{a, b, c\}$

$\{b\}^+ = \{a, b, c\}$

f) Déterminer si $D \models a \rightarrow b, c$ à partir de la fonction *Dérivable*.

Oui : $\{b, c\} \subseteq \{a\}^+ = \{a, b, c\}$

4) Soit la table *Horaire* (*sigleCours*, *noGroupe*, *rencontre*, *codeProfesseur*, *jour*, *heure*, *local*) et l'ensemble de dépendances D = {*sigleCours*, *noGroupe* → *codeProfesseur* ;

jour,*heure*, *codeProfesseur* → *local* ;
jour, *heure*, *local* → *sigleCours*, *noGroupe*, *rencontre* ;
sigleCours, *noGroupe*, *rencontre* → *jour*, *heure*, *local*}.

Chacun des cours identifié par un *sigleCours* est donné en plusieurs groupes. Le *noGroupe* permet de distinguer les différents groupes du même cours. Chaque groupe d'un cours a un professeur représenté par son *codeProfesseur*. Un groupe a un horaire constitué de plusieurs rencontres hebdomadaires. La colonne *rencontre* est un numéro séquentiel de rencontre à l'intérieur de la semaine. Si le groupe a un horaire avec trois rencontres hebdomadaire, elles seront numérotées 1, 2, 3. L'horaire de chacune des rencontres est spécifié par l'*heure* de début, le *jour* de la semaine et le *local*.

Table *Horaire*						
sigleCours	**noGroupe**	**rencontre**	**codeProfesseur**	**jour**	**heure**	**local**
INF1000	10	1	prof1	lundi	9h00	PK-4000
INF1000	10	2	prof1	mardi	11h00	PK-5000
INF1000	20	1	prof2	mardi	18h00	PK-4000
INF1000	30	1	prof1	vendredi	18h00	PK-3000
INF2000	10	1	prof2	mercredi	9h00	PK-3000
INF2000	10	2	prof2	jeudi	10h00	PK-5000
INF2000	10	3	prof2	jeudi	15h00	PK-3000

a) Prouver que $D \models$ *jour*, *heure*, *sigleCours*, *noGroupe* → *rencontre* à l'aide des axiomes d'Armstrong.

Preuve :

1) *jour*,*heure*,*sigleCours*,*noGroupe* → *jour*,*heure*,*codeProfesseur*
   Augmentation de *sigleCours*,*noGroupe* → *codeProfesseur*
2) *jour*, *heure*, *sigleCours*, *noGroupe* → *local*
   Transitivité sur 1) et *jour*,*heure*,*codeProfesseur* → *local*
3) *jour*, *heure*, *sigleCours*, *noGroupe* → *jour*, *heure*, *local*
   Augmentation et 2)
4) *jour*, *heure*, *sigleCours*, *noGroupe* -> *sigleCours*, *noGroupe*, *rencontre*
   Transitivité sur 3) et *jour*,*heure*,*local* → *sigleCours*,*noGroupe*,*rencontre*
5) *sigleCours*, *noGroupe*, *rencontre* -> *rencontre*

Réflexivité

6) *jour, heure, sigleCours, noGroupe -> rencontre*

Transitivité sur 4) et 5)

b) Calculez $\{jour, heure, sigleCours, noGroupe\}^+$, $\{sigleCours, noGroupe\}^+$, $\{sigleCours, noGroupe, rencontre\}^+$, $\{rencontre, noGroupe\}^+$, $\{jour, heure, codeProfesseur\}^+$, $\{jour, heure, local\}^+$, à l'aide de la fonction *Fermeture*.

$\{jour, heure, sigleCours, noGroupe\}^+ = \{sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur, jour, heure, local\}$

$\{sigleCours, noGroupe\}^+ = \{sigleCours, noGroupe, codeProfesseur\}$

$\{sigleCours, noGroupe, rencontre\}^+ = \{sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur, jour, heure, local\}$

$\{rencontre, noGroupe\}^+ = \{rencontre, noGroupe\}$

$\{jour, heure, codeProfesseur\}^+ = \{sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur, jour, heure, local\}$

$\{jour, heure, local\}^+ = \{sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur, jour, heure, local\}$

c) Déterminer si $D \models jour, heure, sigleCours, noGroupe \rightarrow codeProfesseur, local$ à partir de la fonction *Dérivable*.

Oui car $\{codeProfesseur, local\} \subseteq \{sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur, jour, heure, local\}$.

d) Déterminer si $D \models sigleCours, noGroupe \rightarrow local$ à partir de la fonction *Dérivable*.

Non car $\{local\} \not\subset \{sigleCours, noGroupe, codeProfesseur\}$.

e) Produire une couverture minimale pour

$D2 = \{sigleCours,noGroupe \rightarrow codeProfesseur$;
$jour,heure,codeProfesseur \rightarrow sigleCours, local$;
$jour,heure,codeProfesseur \rightarrow noGroupe, local$;
$jour,heure,local \rightarrow sigleCours, noGroupe, rencontre$;
$sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur \rightarrow jour, heure$;
$jour, heure, sigleCours, noGroupe \rightarrow codeProfesseur, local\}$.

$Min(D2) = \{$

$sigleCours, noGroupe \rightarrow codeProfesseur$;

jour,heure, codeProfesseur ⟶ *local* ;
jour, heure, local ⟶ *sigleCours*;

jour, heure, local ⟶ *noGroupe*;

jour, heure, local ⟶ *rencontre* ;

sigleCours, noGroupe, rencontre ⟶ *jour ;*

sigleCours, noGroupe, rencontre ⟶*heure* }

f) Quelles sont les clés candidates de la table *Horaire* ?

{*jour, heure, codeProfesseur*}, {*jour, heure, local*}, {*sigleCours, noGroupe, rencontre*}, et {*jour, heure, sigleCours, noGroupe*}

g) Le schéma *R1*(*sigleCours,noGroupe,codeProfesseur*) et *R2*(*sigleCours,noGroupe, rencontre , jour, heure , local*) est-il en FNBC? La décomposition est-elle sans perte (expliquez)? La décomposition préserve-t'elle la dépendance *jour, heure, codeProfesseur* -> *local* ?

Oui le schéma est en FNBC. La décomposition est sans perte car elle est basée sur la dépendance *sigleCours,noGroupe* ⟶ *codeProfesseur*. Cependant la dépendance *jour, heure, codeProfesseur -> local* n'est pas préservée car elle ne peut être déduite des dépendances des deux tables *R1* et *R2*.

h) Est-ce que les énoncés suivants sont vrais? (est-ce que les décompositions sont sans perte) Expliquez.

i) $Horaire = T1[jour, heure, codeProfesseur, local] \bowtie T2[sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur, jour, heure]$?

Oui car la décomposition est basée sur $jour,heure,codeProfesseur \rightarrow local$.

ii) $Horaire = T1[jour, heure, codeProfesseur, local] \bowtie T2[sigleCours, rencontre, codeProfesseur, jour, heure]$?

Non, il manque $noGroupe$!

iii) $Horaire = T1[jour ,codeProfesseur , local] \bowtie T2[sigleCours, noGroupe, rencontre, codeProfesseur , jour, heure]$?

Non car, il n'est pas vrai que *jour, codeProfesseur*⟶⟶ *local.*

5) Comparez les schémas produits par l'algorithme de synthèse et l'algorithme de décomposition pour $R(noVol, noEnvolée, escale, destination)$ et $D = \{noVol, escale \rightarrow destination; noEnvolée \rightarrow noVol; noEnvolée, escale \rightarrow destination\}$.

Algorithme de synthèse :

$Min(D) = \{noVol, escale \rightarrow destination; noEnvolée \rightarrow noVol\}$

$S = \{R1(\underline{noVol, escale}, destination), R2(\underline{noEnvolée}, noVol)\}$

Algorithme de décomposition :

Décomposition de *R* basée sur *noVol*, *escale*→*destination*

R1(<u>*noVol, escale*</u>, *destination*)

R2(*noVol*, <u>*noEnvolée, escale*</u>)

Décomposition de *R2* basée sur *noEnvolée*→*noVol*

R3(<u>*noEnvolée*</u>, *noVol*)

R4(<u>*noEnvolée*</u>, <u>*escale*</u>)

Résultat final : *S* = {*R1*(<u>*noVol, escale*</u>, *destination*), *R3*(<u>*noEnvolée*</u>, *noVol*), *R4*(<u>*noEnvolée*</u>, <u>*escale*</u>)}

N.B. La table *R4* est inutile…

Autre solution par décomposition:

Décomposition de *R* basée sur *noEnvolée*→*noVol*

R1(<u>*noEnvolée*</u>, *noVol*)

R2(<u>*noEnvolée, escale*</u>, *destination*)

Résultat final : *S* = {*R1*(<u>*noEnvolée*</u>, *noVol*), *R2*(<u>*noEnvolée, escale*</u>, *destination*)}

N.B. Le schéma est bien en FNBC mais, celui de l'algorithme de synthèse est préférable afin d'éviter de répéter les mêmes escales pour toutes les envolées d'un même *noVol*.

6) Comparez les schémas produits par l'algorithme de synthèse et l'algorithme de décomposition pour *R*(*cours*, *étudiant*, *module*) D={*cours*→*module*; *étudiant*→*module*}. On suppose qu'un étudiant ne peut suivre que les cours de son module.

Synthèse : *S* = {*R1*(<u>*cours*</u>, *module*) *R2*(<u>*étudiant*</u>, *module*), *R3*(<u>*cours*</u>, <u>*étudiant*</u>)}
Décomposition : *S* = {*R1*(<u>*cours*</u>, *module*), *R2*(<u>*cours*</u>, <u>*étudiant*</u>)} ou *S* = {*R1*(<u>*étudiant*</u>, *module*), *R2*(<u>*cours*</u>, <u>*étudiant*</u>)}
Les deux schémas de l'algorithme de décomposition ne préservent pas les dépendances.

7) Soit: la table *T*(*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*) et l'ensemble de dépendances *D* = {*b*→*e* ; *d*→*g* ; *f*→*c* ; *a*,*b*→d ; *f*→*g* ; *a, b, c*→f; *a, b*→*g* }

a) Quelles sont les clés candidates de cette table.

{*a*, *b*, *c*} et {*a*, *b*, *f*}

b) Cette table est-elle en 3FN?

Non, elle n'est même pas en 2FN car par exemple *b*→*e* et {*b*} ⊆ {*a*, *b*, *c*}

c) Donnez un schéma produit par l'algorithme de synthèse.

Min(*D*) = {*b*→*e* ; *d*→*g* ; *f*→*c* ; *f*→ *g* ; *a*,*b*→*d* ; *a, b, c*→*f*}
La seule solution est *S* = {*R1*(<u>*b*</u>, *e*), *R2*(<u>*d*</u>, *g*), *R3*(<u>*a*</u>, <u>*b*</u>, *d*), *R4*(<u>*a, b, c*</u>, *f*), *R5*(*c, g*, <u>*f*</u>)}

d) Le schéma obtenu en c) est-il en FNBC?

Non car dans *R4*, *f*→*c*

e) $D \models a, b, d \rightarrow e, f$?

Non

f) $D \models a, b, f \rightarrow c, d$?

Oui

g) Y-a-t'il une décomposition de $\underline{T}$ en FNBC qui préserve les dépendances et le contenu ?

Non car $a, b, c \rightarrow f$ et $f \rightarrow c$

h) Donnez un schéma produit par l'algorithme de décomposition en FNBC?

Une solution est S = {$R1(b, e)$ $R2(d, g)$ R3(a, b, d) R4(a, b, f) R5(c, f)}

8) Soit la table $T(a, b, c, d, e, f)$ et l'ensemble de dépendances $D = \{a, b \rightarrow c\ ;\ a, b, e \rightarrow c, d\ ;\ f \rightarrow h;\ a \rightarrow g\ ;\ a, e \rightarrow e, f;\ g \rightarrow b;\ a, e \rightarrow h\}$.

a) Donnez une couverture minimale pour *D.*

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

b) Donnez le schéma résultant de l'application de l'algorithme de synthèse.

S = {$R1(\underline{a}, c, g)$, $R2(\underline{a}, \underline{e} \rightarrow d, f)$, $R3(\underline{g}, b)$, $R4(\underline{f}, h)$}

c) La table *T* est-elle en 3FN ?

Non la table a une seule clé candidate {a, e} et la dépendance fonctionnelle $a \rightarrow c$, entre autres, viole donc la 3FN (la 2FN aussi !).

9) Appliquer l'algorithme de décomposition en 4FN à *InfoEmployés*(*noEmp*, *dept*, *salaire*, *fonction*, *dépendant*)

$D = \{noEmp \rightarrow\rightarrow dépendant; fonction \rightarrow salaire; noEmp \rightarrow fonction; noEmp \rightarrow dept\}$

10) Soit le schéma suivant:

Film(*titre, genre, producteur, année, acteur, heure, date, poste, durée*)

D= {*titre, année* $\rightarrow\rightarrow$ *acteur ; titre* $\rightarrow$ *genre; titre, année* $\rightarrow$ *producteur, durée; date, poste, titre* $\rightarrow$ *heure; heure, date, poste* $\rightarrow$ *titre, année*}

a) Donnez la ou les clés candidates de ce schéma.

{heure, poste, date, acteur} et *{date, poste, titre, acteur}*

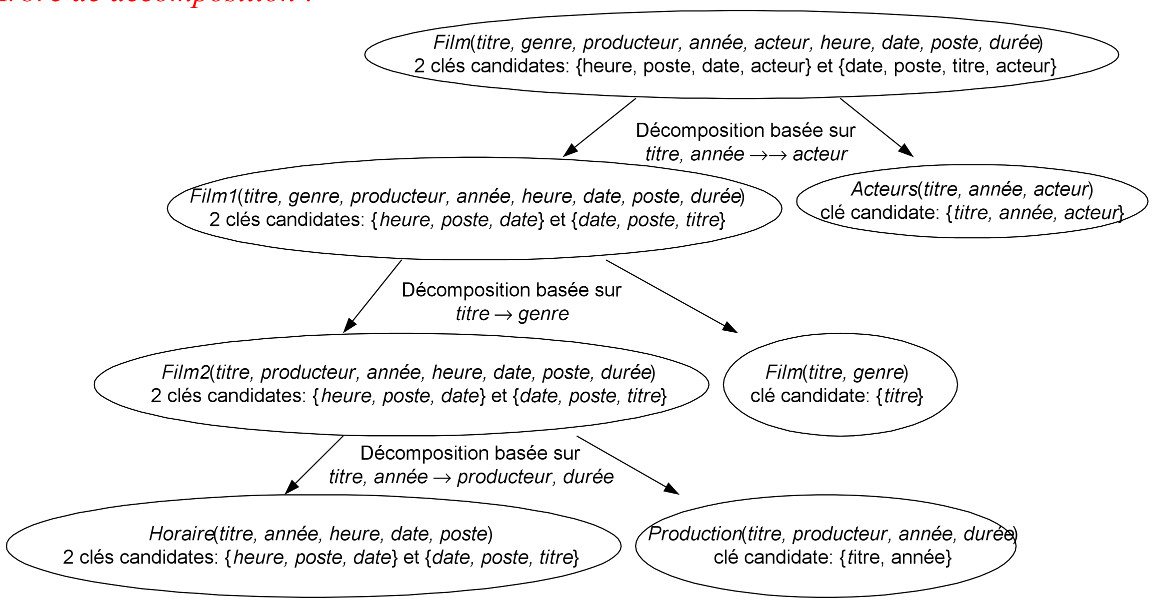
b) Ce schéma est-il en 4FN?

Non, par exemple, *titre, année* →→ *acteur* viole la 4FN.

c) Appliquez l'algorithme de décomposition et donnez le schéma résultant.

S = {R1(titre, année, acteur), R2(titre, genre), R3(titre, année, producteur, durée), R4(titre, année, heure, date, poste)}

Arbre de décomposition :



D'autres solutions sont possibles. Par exemple :

S ={R1(titre, année, acteur), R2(heure, date, poste, titre, année), R3(heure, date, poste, producteur, durée, genre)}

A noter que ce schéma ne préserve pas les dépendances contrairement au précédent!

d) Peut-on déduire *titre, année* →→ *genre, producteur, année, heure, date, poste, durée* à partir de *D*?

Oui. Preuve :

1) *titre ->> genre, producteur, heure, date, poste, durée*

par *titre, année* →→ *acteur* et règle du complément

2) *titre, année ->> genre, producteur, année, heure, date, poste, durée*

par 1) et augmentation

e) Peut-on déduire *titre, année* →→ *genre* à partir de *D*?

Oui. Preuve :

1) *titre,année -> genre,année*

par *titre*→ *genre* et augmentation

2) *titre,année -> genre*

par 1) et décomposition

3) *titre,année ->> genre*

par 2) et une dépendance fonctionnelle est une dépendance multivaluée

f) Peut-on représenter la dépendance multivaluée *titre, année* $\rightarrow\rightarrow$ *acteur* par une dépendance de jointure?

Oui : $\bowtie$ {(*titre, année, acteur*), (*titre, année, genre, producteur, heure, date, poste, durée*)}

11) Démontrer les règles suivantes à partir des axiomes d'Armstrong.

Pseudo-transitivité	Si $X \rightarrow Y$ et $Y,W \rightarrow Z$ alors $X,W \rightarrow Z$
Union	Si $X \rightarrow Y$ et $X \rightarrow Z$ alors $X \rightarrow Y,Z$
Décomposition	Si $X \rightarrow Y$ et $Z \subseteq Y$ alors $X \rightarrow Z$

Pseudo-transitivité

Preuve.

1) $X,W \rightarrow Y,W$ par A_2 et $X \rightarrow Y$

2) $X,W \rightarrow Z$ par A_3 , 1) et $Y,W \rightarrow Z$

Union

Preuve.

1) $X \rightarrow X,Y$ par A_2 et $X \rightarrow Y$

2) $X,Y \rightarrow Y,Z$ par A_2 et $X \rightarrow Z$

3) $X \rightarrow Y,Z$ par A_3, 1) et 2)

Décomposition

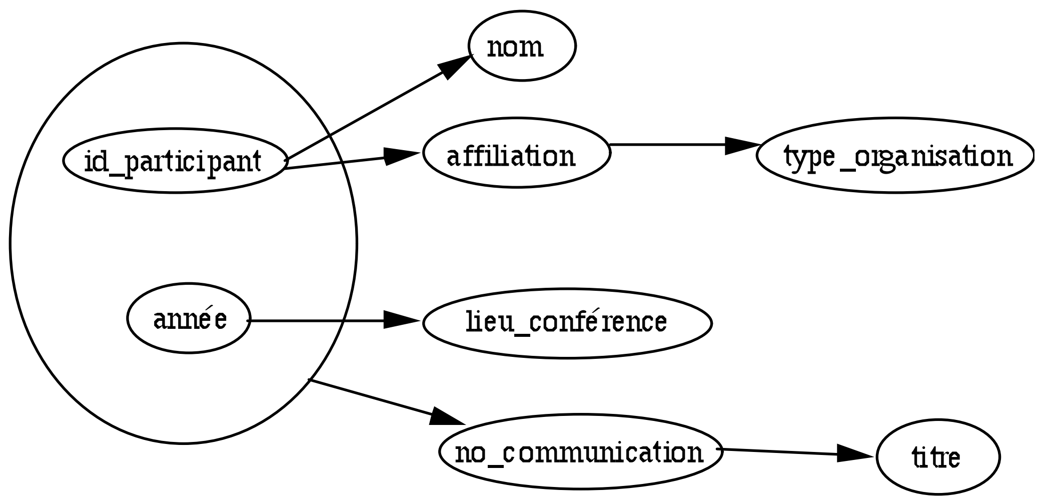
Preuve.

1) $Y \rightarrow Z$ par A_1

2) $X \rightarrow Z$ par A_3, $X \rightarrow Y$ et 1)

12) Produisez un schéma relationnel en 3FN pour la table *CONFÉRENCE*. Le diagramme à bulles montre les dépendances fonctionnelles de la table.

CONFÉRENCE(*id_participant, année, nom, affiliation, lieu_conférence, no_communication, type_organisation, titre*)

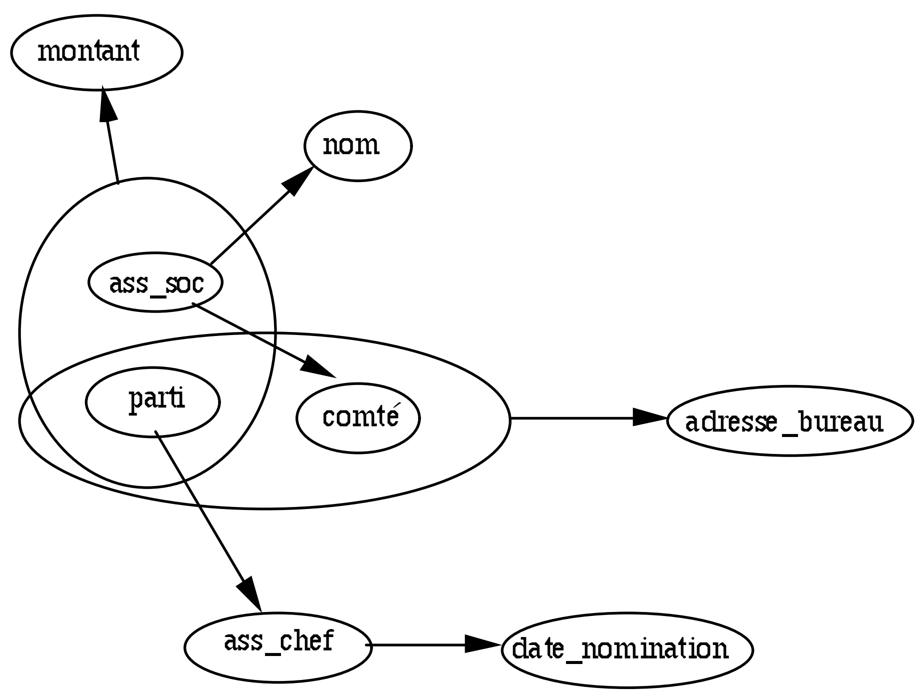


Par l'algorithme de synthèse :

S = {R1 (<u>id_participant</u>, nom, affiliation), R2 (<u>affiliation</u>, type_organisation), R3 (<u>année</u>, lieu_conférence), R4 (<u>id_participant,</u> <u>année</u>, no_communication), R5 (<u>no_communication</u>, titre)}

13) Produisez un schéma relationnel en 3FN pour la table ÉLECTION.

ÉLECTION(*ass_soc, parti, comté, montant, nom, adresse_bureau, ass_chef, date_nomination*)



Par l'algorithme de synthèse :

S = {CITOYEN (ass_soc, nom, comté), CONTRIBUTION (ass_soc, parti, montant), PARTI (parti, ass_chef), PARTI_COMTÉ (parti, comté, adresse_bureau), CHEF (ass_chef, date_nomination)}