

- ▶ Nathalie Aubrun
- ▶ Quatre séances : 27/09, 04/10, 11/10 et 18/10
- ▶ Pour me joindre : nathalie.aubrun@univ-mlv.fr

Normalisation

Rappels

Une **relation** $\mathcal{R}$, représentée par une **table** :

FOURNISSEUR			
NOM	ADRESSE	REF	PRIX
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	60
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21

Rappels

Une **relation** $\mathcal{R}$, représentée par une **table** :

FOURNISSEUR			
NOM	ADRESSE	REF	PRIX
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	60
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21

Chaque **ligne** correspond à un **n-uplet**.

Rappels

Une **relation** $\mathcal{R}$, représentée par une **table** :

FOURNISSEUR			
NOM	ADRESSE	REF	PRIX
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	60
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21

Chaque **ligne** correspond à un **n-uplet**.

Chaque **colonne** correspond à un **attribut**.

Rappels

Une **relation** $\mathcal{R}$, représentée par une **table** :

FOURNISSEUR				
NOM	ADRESSE	REF	PRIX	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	60	
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13	
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40	
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21	

Chaque **ligne** correspond à un **n-uplet**.

Chaque **colonne** correspond à un **attribut**.

Schéma de la relation : FOURNISSEUR(NOM,ADRESSE,REF,PRIX)

Critiques

FOURNISSEUR				
NOM	ADRESSE	REF	PRIX	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	15	
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13	
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40	
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21	

Critiques

FOURNISSEUR				
NOM	ADRESSE	REF	PRIX	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	15	
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13	
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40	
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21	

- DUMAS FRERES, ils habitent où déjà ?

Critiques

FOURNISSEUR				
NOM	ADRESSE	REF	PRIX	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	15	
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13	
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40	
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21	

- ▶ DUMAS FRERES, ils habitent où déjà ?
- ▶ Que se passe-t-il si on supprime la 5^{ième} ligne ?

Critiques

FOURNISSEUR				
NOM	ADRESSE	REF	PRIX	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	15	
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13	
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40	
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21	

- ▶ DUMAS FRERES, ils habitent où déjà ?
- ▶ Que se passe-t-il si on supprime la 5^{ième} ligne ?
- ▶ Que se passe-t-il si on insère une ligne (DUMAS FRERES, 15,boulevard Descartes,230478,28) ?
- ▶ ...

Solution

FOURNISSEUR				
NOM	ADRESSE	REF	PRIX	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20	
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	15	
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13	
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40	
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21	

Solution

FOURNISSEUR			
NOM	ADRESSE	REF	PRIX
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230456	15
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230471	20
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes	230193	15
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée	230456	13
HOUDRY SA	15, place du Sénat	230478	40
MERCIER	126, avenue de la Liberté	230471	21

Deux relations au lieu d'une $\Rightarrow$ FOURNISSEUR(NOM_F,ADRESSE) et
PRODUIT(NOM_F,REF,PRIX)

FOURNISSEUR	
NOM_F	ADRESSE
DUMAS FRERES	5, boulevard Descartes
TECH DISCOUNT	28, rue de l'Epée
HOUDRY SA	15, place du Sénat
MERCIER	126, avenue de la Liberté

PRODUIT		
NOM_F	REF	PRIX
DUMAS FRERES	230456	15
DUMAS FRERES	230471	20
DUMAS FRERES	230193	15
TECH DISCOUNT	230456	13
HOUDRY SA	230478	40
MERCIER	230471	21

Objectifs

Qu'est-ce qu'on veut faire ?

- ▶ séparer une relation $\mathcal{R}$ en deux ou plus relations, pour trier les attributs
- ▶ si besoin, la jointure de ces relations donne à nouveau $\mathcal{R}$

Objectifs

Qu'est-ce qu'on veut faire ?

- ▶ séparer une relation $\mathcal{R}$ en deux ou plus relations, pour trier les attributs
- ▶ si besoin, la jointure de ces relations donne à nouveau $\mathcal{R}$

Pourquoi ?

- ▶ Supprimer les problèmes de mise à jour
- ▶ Minimiser les problèmes de redondance

C'est pas fini...

On décompose un schéma de relation en sous-schémas de sorte que

- ▶ la décomposition minimise la redondance
- ▶ l'information initiale est **préservée**

C'est pas fini...

On décompose un schéma de relation en sous-schémas de sorte que

- ▶ la décomposition minimise la redondance
- ▶ l'information initiale est **préservée**

Question :

Comment préserve-t-on l'information initiale ? (=liens entre les sous-schémas)

⇒ **Dépendances fonctionnelles**

Dépendances fonctionnelles : exemple

Reprenons l'exemple FOURNISSEUR(NOM,ADRESSE,REF,PRIX) :

- ▶ si on connaît NOM alors on connaît ADRESSE
- ▶ on ne peut pas avoir deux n-uplet avec même NOM mais des ADRESSE différentes

Dépendances fonctionnelles : exemple

Reprenons l'exemple FOURNISSEUR(NOM,ADRESSE,REF,PRIX) :

- ▶ si on connaît NOM alors on connaît ADRESSE
- ▶ on ne peut pas avoir deux n-uplet avec même NOM mais des ADRESSE différentes
- ▶ on dit que ADRESSE **dépend de** NOM, ou que NOM **détermine** ADRESSE

$$\text{NOM} \rightarrow \text{ADRESSE}$$

Dépendances fonctionnelles : définition

Dépendance fonctionnelle

Soit $R(X,Y,Z)$ une relation où X,Y et Z sont des ensembles d'attributs (Z peut être vide).

Y **dépend fonctionnellement de** X (ou X **détermine** Y) si c'est toujours la même valeur de Y qui est associée à X dans la relation $\mathcal{R}$.

Dépendances fonctionnelles : définition

Dépendance fonctionnelle

Soit $R(X,Y,Z)$ une relation où X,Y et Z sont des ensembles d'attributs (Z peut être vide).

Y **dépend fonctionnellement de** X (ou X **détermine** Y) si c'est toujours la même valeur de Y qui est associée à X dans la relation $\mathcal{R}$.

Exemple :

$NOM_F \rightarrow NOM_F$

$NOM_F, REF \rightarrow NOM_F$

$NOM_F, REF \rightarrow PRIX$

$NOM_F \rightarrow ADRESSE$

$NOM_F, REF \rightarrow ADRESSE, PRIX$

...

Propriétés : axiomes d'Armstrong

- ▶ **Réflexivité** Tout ensemble d'attributs se détermine lui-même ou détermine une partie de lui-même :

$$Y \subseteq X \Rightarrow X \rightarrow Y$$

Propriétés : axiomes d'Armstrong

- ▶ **Réflexivité** Tout ensemble d'attributs se détermine lui-même ou détermine une partie de lui-même :

$$Y \subseteq X \Rightarrow X \rightarrow Y$$

- ▶ **Augmentation** On peut enrichir par un même ensemble d'attributs deux ensembles qui sont en dépendance fonctionnelle :

$$X \rightarrow Y \Rightarrow (X,Z) \rightarrow (Y,Z)$$

Propriétés : axiomes d'Armstrong

- ▶ **Réflexivité** Tout ensemble d'attributs se détermine lui-même ou détermine une partie de lui-même :

$$Y \subseteq X \Rightarrow X \rightarrow Y$$

- ▶ **Augmentation** On peut enrichir par un même ensemble d'attributs deux ensembles qui sont en dépendance fonctionnelle :

$$X \rightarrow Y \Rightarrow (X,Z) \rightarrow (Y,Z)$$

- ▶ **Transitivité**

$$X \rightarrow Y \text{ et } Y \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow Z$$

Utilisation des axiomes d'Armstrong

A partir d'un ensemble de dépendances fonctionnelles (DF), on peut utiliser les axiomes d'Armstrong pour en déduire d'autres.

Exemple : Soit l'ensemble $\mathcal{F}$ de DF

$$\mathcal{F} = \{\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE}, \text{MODELE} \rightarrow \text{MARQUE}, \\ \text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}, \text{PLAQUE} \rightarrow \text{COULEUR}\}$$

Utilisation des axiomes d'Armstrong

A partir d'un ensemble de dépendances fonctionnelles (DF), on peut utiliser les axiomes d'Armstrong pour en déduire d'autres.

Exemple : Soit l'ensemble $\mathcal{F}$ de DF

$$\mathcal{F} = \{\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE}, \text{MODELE} \rightarrow \text{MARQUE}, \\ \text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}, \text{PLAQUE} \rightarrow \text{COULEUR}\}$$

On peut en déduire :

- ▶ $\text{MARQUE} \subseteq (\text{MARQUE}, \text{PLAQUE}) \Rightarrow \text{(R\'eflexivit\'e)} (\text{MARQUE}, \text{PLAQUE}) \rightarrow \text{MARQUE}$

Utilisation des axiomes d'Armstrong

A partir d'un ensemble de dépendances fonctionnelles (DF), on peut utiliser les axiomes d'Armstrong pour en déduire d'autres.

Exemple : Soit l'ensemble $\mathcal{F}$ de DF

$$\mathcal{F} = \{\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE}, \text{MODELE} \rightarrow \text{MARQUE}, \\ \text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}, \text{PLAQUE} \rightarrow \text{COULEUR}\}$$

On peut en déduire :

- ▶ $\text{MARQUE} \subseteq (\text{MARQUE}, \text{PLAQUE}) \Rightarrow$ (**Réflexivité**) $(\text{MARQUE}, \text{PLAQUE}) \rightarrow \text{MARQUE}$
- ▶ $\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE} \Rightarrow$ (**Augmentation**) $(\text{PLAQUE}, \text{PUISS}) \rightarrow (\text{MODELE}, \text{PUISS})$

Utilisation des axiomes d'Armstrong

A partir d'un ensemble de dépendances fonctionnelles (DF), on peut utiliser les axiomes d'Armstrong pour en déduire d'autres.

Exemple : Soit l'ensemble $\mathcal{F}$ de DF

$$\mathcal{F} = \{\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE}, \text{MODELE} \rightarrow \text{MARQUE}, \\ \text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}, \text{PLAQUE} \rightarrow \text{COULEUR}\}$$

On peut en déduire :

- ▶ $\text{MARQUE} \subseteq (\text{MARQUE}, \text{PLAQUE}) \Rightarrow$ (**Réflexivité**) $(\text{MARQUE}, \text{PLAQUE}) \rightarrow \text{MARQUE}$
- ▶ $\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE} \Rightarrow$ (**Augmentation**) $(\text{PLAQUE}, \text{PUISS}) \rightarrow (\text{MODELE}, \text{PUISS})$
- ▶
$$\left. \begin{array}{l} \text{PLAQUE} \rightarrow \text{MODELE} \\ \text{et} \\ \text{MODELE} \rightarrow \text{MARQUE} \end{array} \right\} \Rightarrow$$
 (**Transitivité**) $\text{PLAQUE} \rightarrow \text{MARQUE}$

Autres règles

A partir des axiomes d'Armstrong, on peut déduire :

- ▶ **Union**

$$X \rightarrow Y \text{ et } X \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow (Y,Z)$$

Autres règles

A partir des axiomes d'Armstrong, on peut déduire :

- ▶ **Union**

$$X \rightarrow Y \text{ et } X \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow (Y,Z)$$

- ▶ **Pseudo-transitivité**

$$X \rightarrow Y \text{ et } (Y,W) \rightarrow Z \Rightarrow (X,W) \rightarrow Z$$

Autres règles

A partir des axiomes d'Armstrong, on peut déduire :

- ▶ **Union**

$$X \rightarrow Y \text{ et } X \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow (Y,Z)$$

- ▶ **Pseudo-transitivité**

$$X \rightarrow Y \text{ et } (Y,W) \rightarrow Z \Rightarrow (X,W) \rightarrow Z$$

- ▶ **Décomposition**

$$X \rightarrow (Y,Z) \Rightarrow X \rightarrow Y \text{ et } X \rightarrow Z$$

Autres règles

A partir des axiomes d'Armstrong, on peut déduire :

- ▶ **Union**

$$X \rightarrow Y \text{ et } X \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow (Y,Z)$$

- ▶ **Pseudo-transitivité**

$$X \rightarrow Y \text{ et } (Y,W) \rightarrow Z \Rightarrow (X,W) \rightarrow Z$$

- ▶ **Décomposition**

$$X \rightarrow (Y,Z) \Rightarrow X \rightarrow Y \text{ et } X \rightarrow Z$$

- ▶ **Auto-Détermination**

$$X \rightarrow X$$

DF élémentaire

Une **DF élémentaire** est une DF de la forme $X \rightarrow A$ telle que :

- ▶ $A \notin X$
- ▶ il n'existe pas $X' \subset X$ tel que $X' \rightarrow A$

DF élémentaire

Une **DF élémentaire** est une DF de la forme $X \rightarrow A$ telle que :

- ▶ $A \notin X$
- ▶ il n'existe pas $X' \subset X$ tel que $X' \rightarrow A$

⇒ Conserver les seules DF utiles

DF élémentaire : exemples

Exemple :

VOITURE(MARQUE, PUISSANCE, MODELE, PLAQUE, COULEUR)

On a :

- ▶ (PLAQUE, MODELE) $\rightarrow$ PUISS

DF élémentaire : exemples

Exemple :

VOITURE(MARQUE, PUISSANCE, MODELE, PLAQUE, COULEUR)

On a :

- ▶ $(\text{PLAQUE}, \text{MODELE}) \rightarrow \text{PUISS}$ n'est pas élémentaire car
 $\text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}$

DF élémentaire : exemples

Exemple :

VOITURE(MARQUE, PUISSANCE, MODELE, PLAQUE, COULEUR)

On a :

- ▶ $(\text{PLAQUE}, \text{MODELE}) \rightarrow \text{PUISS}$ n'est pas élémentaire car
 $\text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}$
- ▶ $\text{TYPE} \rightarrow (\text{MARQUE}, \text{PUISS})$

DF élémentaire : exemples

Exemple :

VOITURE(MARQUE, PUISSANCE, MODELE, PLAQUE, COULEUR)

On a :

- ▶ $(\text{PLAQUE}, \text{MODELE}) \rightarrow \text{PUISS}$ n'est pas élémentaire car $\text{MODELE} \rightarrow \text{PUISS}$
- ▶ $\text{TYPE} \rightarrow (\text{MARQUE}, \text{PUISS})$ est élémentaire

Graphes des DF

On représente l'ensemble des DF sur les attributs par un graphe orienté dans lequel :

- ▶ les sommets sont les attributs
- ▶ les arcs sont les DF

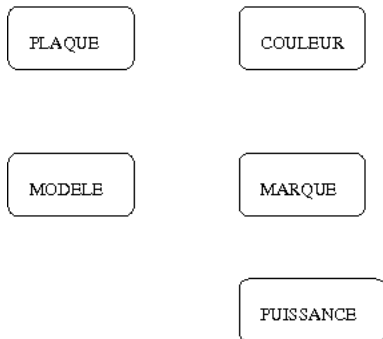
Graphes des DF

On représente l'ensemble des DF sur les attributs par un graphe orienté dans lequel :

- ▶ les sommets sont les attributs
- ▶ les arcs sont les DF

Exemple :

VOITURE(MARQUE, PUISSANCE, MODELE, PLAQUE, COULEUR)



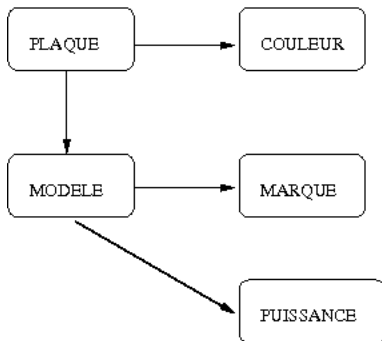
Graphes des DF

On représente l'ensemble des DF sur les attributs par un graphe orienté dans lequel :

- ▶ les sommets sont les attributs
- ▶ les arcs sont les DF

Example :

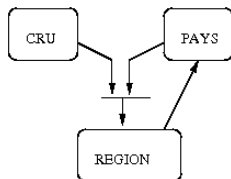
VOITURE(MARQUE, PUISSANCE, MODELE, PLAQUE, COULEUR)



Graphes des DF : exemple

Exemple :

VIN(CRU,PAYS,REGION)



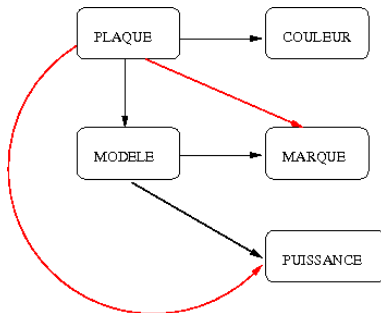
Fermeture transitive

La **fermeture transitive** d'un ensemble de DF est ce même ensemble enrichi de toutes les DF déduites par transitivité. On note $\mathcal{F}^+$ la fermeture transitive de $\mathcal{F}$.

Fermeture transitive

La **fermeture transitive** d'un ensemble de DF est ce même ensemble enrichi de toutes les DF déduites par transitivité. On note $\mathcal{F}^+$ la fermeture transitive de $\mathcal{F}$.

Exemple :



Fermeture transitive : algorithme de calcul

CLOSURE[Z,S] := Z;

FAIRE Indéfiniment

POUR chaque $X \rightarrow Y$ dans S

FAIRE

SI X est inclus dans CLOSURE[Z,S]

ALORS CLOSURE[Z,S] := CLOSURE[Z,S] U Y;

FIN

SI CLOSURE[Z,S] n'a pas été modifié

ALORS sortir de la boucle

FIN

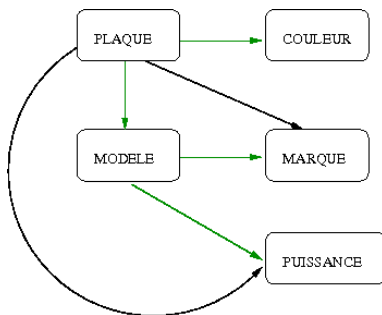
Couverture minimale

La **couverture minimale** d'un ensemble de DF est un sous-ensemble minimum de DF élémentaires permettant de générer toutes les autres DF.

Couverture minimale

La **couverture minimale** d'un ensemble de DF est un sous-ensemble minimum de DF élémentaires permettant de générer toutes les autres DF.

Exemple :



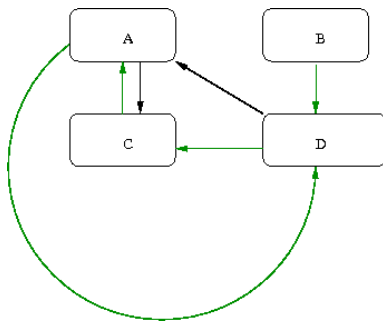
Couverture minimale

Tout ensemble de DF admet une couverture minimale, en général non unique.

Couverture minimale

Tout ensemble de DF admet une couverture minimale, en général non unique.

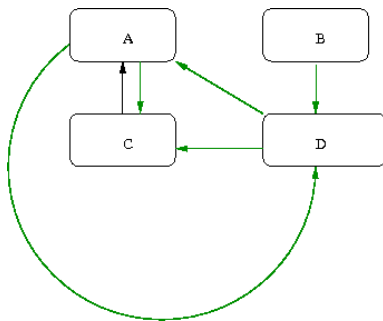
Exemple :



Couverture minimale

Tout ensemble de DF admet une couverture minimale, en général non unique.

Exemple :



Couverture minimale : caractérisation

Un ensemble $\mathcal{F}$ de DF est une couverture minimale ssi :

- ▶ $\mathcal{F}$ ne contient que des dépendances simples
- ▶ pour aucune DF $X \rightarrow A$ on a $\mathcal{F}$ équivalent à $\mathcal{F} \setminus \{X \rightarrow A\}$

DF et identifiants

- ▶ La couverture minimale permet de trouver les **identifiants** de la table.

DF et identifiants

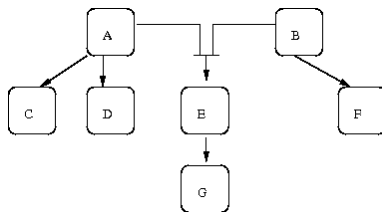
- ▶ La couverture minimale permet de trouver les **identifiants** de la table.
- ▶ Un **identifiant** d'une table est l'ensemble minimal des sommets de la couverture minimale à partir desquels on peut atteindre tous les autres sommets du graphe.

DF et identifiants

- ▶ La couverture minimale permet de trouver les **identifiants** de la table.
- ▶ Un **identifiant** d'une table est l'ensemble minimal des sommets de la couverture minimale à partir desquels on peut atteindre tous les autres sommets du graphe.
- ▶ Ça ne marche **que si** dans la table, il n'existe pas deux lignes ayant même valeur pour l'identifiant mais des valeurs différentes pour les autres attributs

DF et identifiants : exemple

Exemple : NOM(A,B,C,D,E,F,G)



DF et identifiants : exemple

Exemple : $NOM(\underline{A}, \underline{B}, C, D, E, F, G)$

