

UE M3106 :  
Bases de données avancées

UE31	Informatique avancée Systèmes de gestion de bases de données	Volume Horaire 8h CM, 10h TD, 12h TP
M3106C	Bases de données avancées	Semestre 3
<u>Objectifs du module :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Appréhender des notions avancées sur la qualité des schémas et les aspects systèmes</li> </ul>		
<u>Compétences visées :</u> <i>Compétences citées dans le Référentiel d'activités et de compétences pour les activités :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>FA1-C : réalisation d'une solution informatique</li> <li>FA2-A : administration de systèmes, de logiciels et de réseaux</li> <li>FA1-D : Tests de validation d'une solution informatique</li> </ul>		
<u>Prérequis :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>M2106</li> </ul>		
<u>Contenus :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Qualité des schémas, problème de la redondance, formes normales</li> <li>Contraintes d'intégrité et règles de gestion, déclencheurs</li> <li>Présentation de l'architecture fonctionnelle d'un SGBD</li> <li>Transactions, atomicité et gestion de la concurrence d'accès</li> <li>Optimisation : index, requêtes et plan d'exécution</li> <li>Liens avec les langages de programmation</li> </ul>		
<u>Modalités de mise en œuvre :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les notions doivent être abordées sous un angle pratique, en particulier celles liées aux transactions et à l'optimisation</li> <li>Faire le lien avec les algorithmes sur les arbres et les tables de hachage (M313, algorithmique avancée)</li> </ul>		
<u>Prolongements possibles :</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Etude de la complexité</li> </ul>		
<u>Mots clés :</u> Normalisation ; Transactions ; Optimisation de requêtes		

# Plan du Cours

- Introduction : Rappels : SGBD, SQL, schéma, ..., PL-SQL
- Chapitre 1 : Qualité des schémas, Dépendances fonctionnelles, formes normales → 2C, 2TD
- Chapitre 3 : Contraintes d'intégrité complexes, déclencheurs (triggers) → 1C, 1TD , 2TP
- Chapitre 4 : Optimisation : index, plan d'exécution 1C, 2TP
- Chapitre 5 : Transactions, atomicité et gestion de la concurrence d'accès 1C, 2TP ?
- Chapitre 6 : Liens avec langage de programmation 1C, 2TP

# Intervenants

- O. Bensadoun (TD/TP)
- M. Boughanem (C/TD/TP)
- G. Cabanac (TD/TP)
- T. Millan (TD/TP)

# Introduction : Rappels

## Pré-requis

- S1: (M1104) Introduction aux bases de données
  - Modélisation de Bases de données (MCD)
  - Modèle relationnel (MCD → MLD)
  - SQL de base
- S2: (M2016) Programmation et administration de bases de données
  - SQL et extension procédurale (PL/SQL)
  - Exceptions et Curseurs
  - Administration des SGBD : utilisateurs, rôle, droits, vue
  - Accès BD via un langage de programmation

# Chapitre 1 : Dépendances fonctionnelles

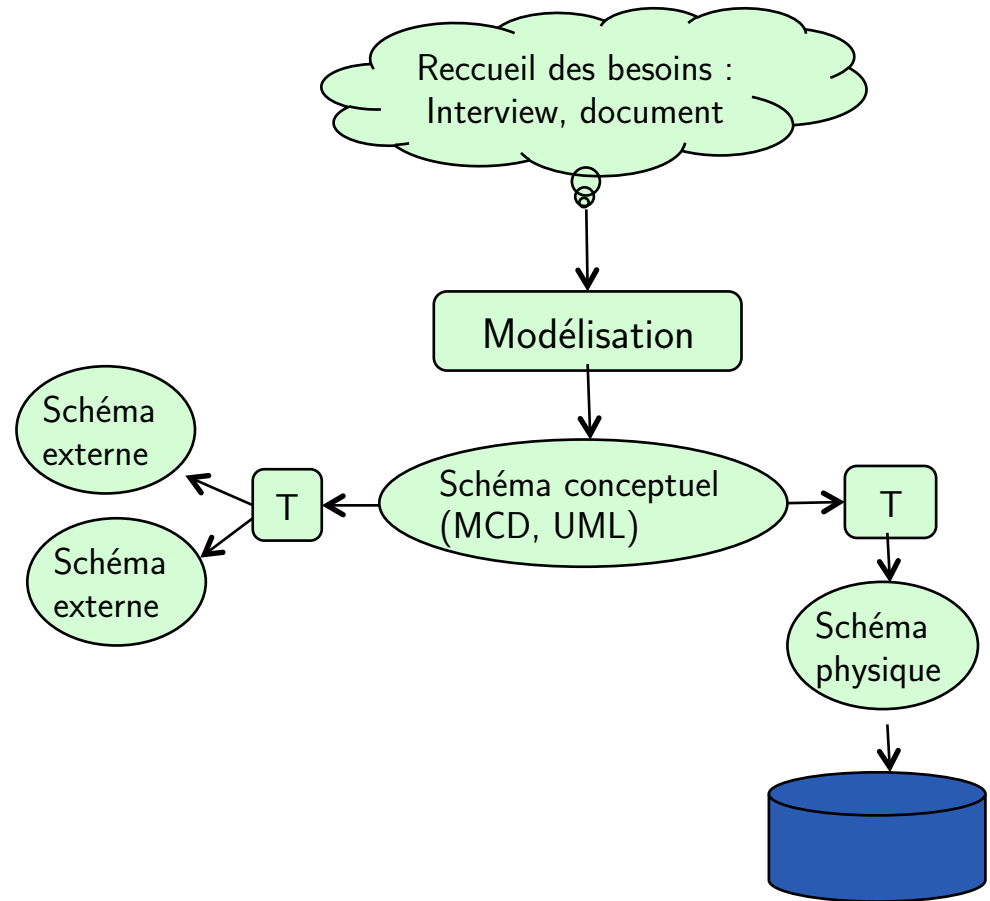
## Définitions

- BD :
  - Ensemble de données inter-reliées, partagées, non redondantes, cohérentes (contraintes d'intégrité)
- SGBD logiciel facilitant :
  - La représentation/description des données
  - L'accès et la manipulation des données
  - Le contrôle des accès, sécurité de données



## 3 niveaux de description

- Niveau externe
  - Vue externe (vue de la BD par les utilisateurs)
- Niveau Logique/  
conceptuel
  - Table, relations, attributs, ..
- Niveau Physique/interne
  - Manière dont les données sont stockées sur disque

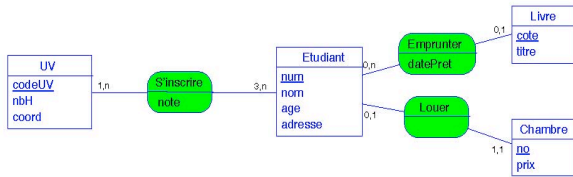


## Etapes de modélisation



Modélisation (MCD, EA, UML)

Schéma Conceptuel



Conception de schémas normalisés  
En exploitant les dépendances fonctionnelles

Transformation : règles de passage  
Schéma Conceptuel vers schéma logique

Schéma Logique/  
Relationnel

UV { code, titre, ..  
Etudiant { Num\_etud, Nom, ..

Schéma relationnel normalisé

- Est-ce que le schéma obtenu est normalisé (limiter les redondances) ?
- Est-ce le meilleur schéma possible pour décrire les données

## Exemple

NumEt	Nom	Prénom	AdrEt	NumDep	NomDep	AdrDep
10	Bouhanem	Moh	Pompert	5	IUT-Info	Rangueil
20	Cabanac	Guillaume	Castanet	5	IUT-Info	Rangueil
30	Sauvagnat	Karen	Toulouse	10	FSI-Info	Rangueil
40	Teste	Olivier	Castres	15	J2-Info	Blagnac

Schéma relationnel:

Etudiant (NumEt, Nom, Prénom, AdrEt, NumDep, NomDep, AdrDep)

## Définition

- Soient A et B deux attributs (ou deux groupes d'attributs) et R une relation, on dit que
  - B est fonctionnellement dépendant de A
  - ou A détermine B
- si à toute valeur de A correspond au plus une valeur de B
- notation :  $A \rightarrow B$

## Exemple

NumEt	Nom	Prénom	AdrEt	NumDep	NomDep	AdrDep
10	Boughanem	Moh	Pompert	5	IUT-Info	Rangueil
20	Cabanac	Guillaume	Castanet	5	IUT-Info	Rangueil
30	Sauvagnat	Karen	Toulouse	10	FSI-Info	Rangueil
40	Teste	Olivier	Castres	15	J2-Info	Blagnac

NumEt  $\rightarrow$  Nom ?  
 NumEt  $\rightarrow$  Prénom ?  
 NumEt  $\rightarrow$  AdrEt ?  
 NumEt  $\rightarrow$  NumDep?  
 NumEt, Nom  $\rightarrow$  adrEt

Nom  $\rightarrow$  NumEt?  
 Nom  $\rightarrow$  Prénom ?  
 Nom  $\rightarrow$  adrEt ?  
 Prénom  $\rightarrow$  Nom ?  
 NumDep  $\rightarrow$  NomDep ?  
 NumEt  $\rightarrow$  NumDep ?  
 AdrDep  $\rightarrow$  NomDep ?  
 ...

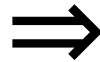
## Attention

On détermine les DF sur le schéma en intention et non pas sur son extension

## Suite Exemple

- On peut déduire plusieurs DFs

NumEt  $\rightarrow$  Nom  
NumEt  $\rightarrow$  Prénom  
NumEt  $\rightarrow$  AdrEt  
NumEt  $\rightarrow$  NumDep  
NumDep  $\rightarrow$  NomDep



NumEt  $\rightarrow$  NumEt  
NumEt  $\rightarrow$  NomDep  
NumEt Nom  $\rightarrow$  Prénom  
Num  $\rightarrow$  Nom, Prenom

## Axiomes d'Armstrong

### ① Réflexivité

- $\forall X, X \rightarrow X$   
     $\text{NumEt} \rightarrow \text{NumEt}$   
     $\text{NomDep} \rightarrow \text{NomDep}$

### ② Augmentation

- $X \rightarrow Y \Rightarrow X, Z \rightarrow Y$   
     $\text{NumEt} \rightarrow \text{AdrEt} \Rightarrow \text{NumEt}, \text{Nom} \rightarrow \text{AdrEt}$   
     $\text{NumDep} \rightarrow \text{NomDep} \Rightarrow \text{NumDep}, \text{NumEt} \rightarrow \text{Adr}$

### ③ Pseudo-transitivité

- $X \rightarrow Y$  et  $WY \rightarrow Z \Rightarrow WX \rightarrow Z$   
     $\text{NumEt} \rightarrow \text{Nom}$  et  $(\text{NumDep}, \text{Adr}) \rightarrow \text{NomDep}$   
     $\Rightarrow (\text{NumDep}, \text{NumEt}) \rightarrow \text{NomDep}$

## Règles additionnelles

## ① Union

- $X \rightarrow Y$  et  $X \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow YZ$   
 $\text{NumEt} \rightarrow \text{Nom}$  et  $\text{NumEt} \rightarrow \text{Prenom}$   
 $\Rightarrow \text{NumEt} \rightarrow (\text{Nom}, \text{Prenom})$

## ② Décomposition

- $X \rightarrow Y$  et  $Z \subseteq Y \Rightarrow X \rightarrow Z$   
 $\text{NumEt} \rightarrow (\text{Nom}, \text{Prenom})$   
 $\Rightarrow \text{NumEt} \rightarrow \text{Nom}$  et  $\text{NumEt} \rightarrow \text{Prenom}$

## ③ Transitivité

- $X \rightarrow Y$  et  $Y \rightarrow Z \Rightarrow X \rightarrow Z$   
 $\text{NumEt} \rightarrow \text{NumDep}$  et  $\text{NumDep} \rightarrow \text{NomDep}$   
 $\Rightarrow \text{NumEt} \rightarrow \text{NomDep}$



## DF élémentaire

## Définition

Une dépendance fonctionnelle  $X \rightarrow A$  est élémentaire si  $A \notin X$  et il n'existe pas  $X' \subset X$  tel que  $X' \rightarrow A$ , ( un ensemble minimum d'attributs)

On dit que  $A$  dépend pleinement de  $X$

## Exemple

NumEt, Nom	$\rightarrow$ AdrEt	élémentaire : Oui - Non ?
NumEt	$\rightarrow$ AdrEt, Nom	élémentaire : Oui - Non ?
NumEt	$\rightarrow$ AdrEt	élémentaire : Oui - Non ?
NumEt	$\rightarrow$ Nom	élémentaire : Oui - Non ?

## DF directe (non transitive)

## Définition

Une dépendance fonctionnelle de la forme  $X \rightarrow Y$  est directe si il n'existe pas  $Z \not\subseteq X$  tel que :

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

## Remarque

Une DF non directe est déduite (dérivée) par transitivité

## Exemple

NumEt  $\rightarrow$  NomDep    Transitive : Oui - Non ?

NumEt  $\rightarrow$  NumDep  $\rightarrow$  NomDep

## Fermeture transitive

## Définition

La fermeture de  $F$ , notée  $F^+$ , est l'ensemble de toutes les DF résultant de l'application des propriétés des DF

## Exemple

soit  $F = \{ a \rightarrow b ; b \rightarrow c \}$ ,  $F^+$  est composée de :  
 $a \rightarrow a ; b \rightarrow b ; c \rightarrow c$

## Couverture minimale

## Définition

La couverture minimale (graphe minimum) de  $F$  (ensemble de DFs) est un ensemble minimal de DFs permettant de générer toutes les autres

## Conséquence

- Sont des DFs élémentaires non déduites
- Toute DF élémentaire de  $A$  est dans la fermeture transitive  $D^+$

## Exemple

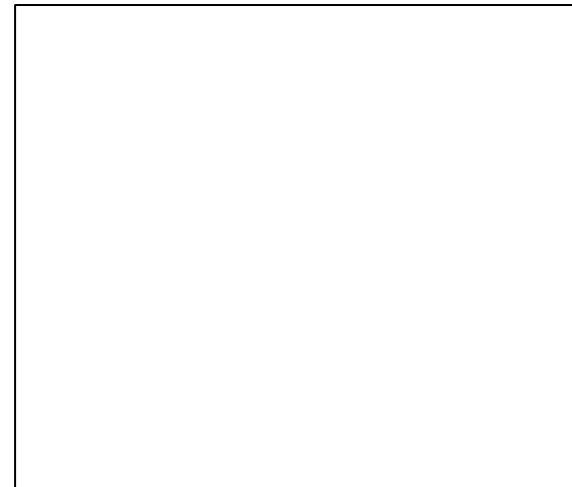
$F = \{a \rightarrow b ; b \rightarrow c ; c \rightarrow d ; a \rightarrow d ; c, f \rightarrow g ; a \rightarrow b, c ; a, f \rightarrow g\},$

## Exemple

NumEt	Nom	Prénom	AdrEt	NumDep	NomDep	AdrDep
10	Boughanem	Moh	Pompert	5	IUT-Info	Rangueil
20	Cabanac	Guillaume	Castanet	5	IUT-Info	Rangueil
30	Sauvagnat	Karen	Toulouse	10	FSI-Info	Rangueil
40	Teste	Olivier	Castres	15	J2-Info	Blagnac

NumEt  $\rightarrow$  Nom  
 NumEt  $\rightarrow$  Prénom  
 NumEt  $\rightarrow$  AdrEt  
 NumEt  $\rightarrow$  NumDep  
 NumEt  $\rightarrow$  NomDep, AdrDep  
 NumEt, Nom  $\rightarrow$  AdrEt  
 NumDep  $\rightarrow$  NomDep  
 NumDep  $\rightarrow$  adrDep

$\Rightarrow$



## Notions de clés

## Définition

Soit  $R (A_1, A_2, \dots, A_n)$  une relation

Un ensemble d'attributs  $X \subseteq \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  est une clé de  $R$   
si  $X \rightarrow A_1 A_2 \dots A_n$

Et Il n'existe pas  $Y \subseteq X$ , tel que  $Y \rightarrow A_1 A_2 \dots A_n$

## Conséquence

On peut dériver le schéma d'une relation en partant de la liste des dépendances fonctionnelles sur un ensemble d'attributs

## Exemple

- $R(A, B, C, D, E)$  et DF :  $A, B \rightarrow D$ ,  $D \rightarrow E$ ,  $B \rightarrow C$
  - Clé ?
  - Démarche
    - Prendre toutes les combinaisons d'attributs
    - Calculer tous les attributs que l'on peut déduire en appliquant les DFs et les propriétés des DF
    - Clé = ensemble minimum d'attributs qui détermine tous les attributs de R
- |                   |                    |                       |
|-------------------|--------------------|-----------------------|
| - $A \rightarrow$ | $A, B \rightarrow$ | $A, B, C \rightarrow$ |
| - $B \rightarrow$ | $A, C \rightarrow$ | $A, B, D \rightarrow$ |
| - $C \rightarrow$ | $A, D \rightarrow$ | $A, B, E \rightarrow$ |
| - $D \rightarrow$ | $A, E \rightarrow$ | $B, C, D \rightarrow$ |
| - $E \rightarrow$ | $B, C \rightarrow$ | .                     |
| - .....           | .....              |                       |

## Exemple

NumEt	Nom	Prénom	AdrEt	NumDep	NomDep	AdrDep
10	Boughanem	Moh	Pompert	5	IUT-Info	Rangueil
20	Cabanac	Guillaume	Castanet	5	IUT-Info	Rangueil
30	Sauvagnat	Karen	Toulouse	10	FSI-Info	Rangueil
40	Teste	Olivier	Castres	15	J2-Info	Blagnac

Et\_Dep(NumEt, Nom, Prenom, AdrEt, NumDep, AdrDep)

NumEt → Nom  
NumEt → Prénom  
NumEt → AdrEt  
NumEt → NumDep  
NumDep → NomDep  
NumDep → adrDep

Quelle est la clé de Et\_Dep ?

NumEt ?  
NumDep ?  
NumEt, NumDep?



.. Du déjà vu

**Déjà vu le modèle entité association...**

**MCD .. MLD**


## Deux approches

- Approche par Décomposition : normalisation
  - Méthodologie de conception descendante pour produire un «bon schéma» par décomposition d'un schéma d'origine
  - Notion de Formes normales
- Approche par Synthèse
  - Etude des DFs
  - Construction directe du schéma normalisé

## Notions de formes normales

- Une relation est en 1ère forme normale si
  - La relation a une clé
  - Les attributs sont composés de valeurs atomiques (pas de tableaux)

$R(\underline{A, B}, C, D, E)$



DFs :  $(A, B) \rightarrow C, E$  ;  $B \rightarrow D$  et  $C \rightarrow E$


## Exemple

Et\_Dep (NumEt, NumDep, Nom, Prenom, AdrEt, NomDep, AdrDep)

## Notions de formes normales

- Une relation est en 1ère forme normale si
  - La relation a une clé
  - Les attributs sont composés de valeurs atomiques (pas de tableaux)

$R(\underline{A, B}, C, D, E)$



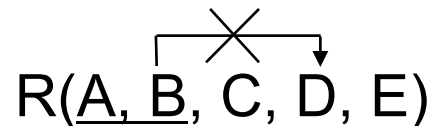
DFs :  $(A, B) \rightarrow C, E$  ;  $B \rightarrow D$  et  $C \rightarrow E$

## Exemple

Et\_Dep (NumEt, NumDep, Nom, Prenom, AdrEt, NomDep, AdrDep)

## Notions de formes normales

- Une relation est en 2ème forme normale si
  - Elle est en 1e forme normale
  - Toutes les DF issues de la clé sont des DF élémentaires (Tout attribut n'appartenant pas à la clé ne dépend pas d'une partie de la clé)



## Règle de décomposition

$R(\underline{A, B}, C, D, E)$  et DFs :  $(A, B) \rightarrow C, E$  ;  $B \rightarrow D$  et  $C \rightarrow E$

$\Rightarrow R1(\underline{A, B}, C, E)$  et  $R2(\underline{B}, D)$

## Notions de formes normales

NumEt	Nom	Prénom	AdrEt	NumDep	NomDep	AdrDep
10	Bouhanem	Moh	Pompert	5	IUT-Info	Rangueil
20	Cabanac	Guillaume	Castanet	5	IUT-Info	Rangueil
30	Sauvagnat	Karen	Toulouse	10	FSI-Info	Rangueil
40	Teste	Olivier	Castres	15	J2-Info	Blagnac

NumEt → Nom

NumEt → Prénom

NumEt → AdrEt

NumEt → NumDep

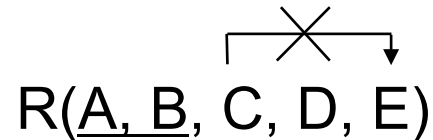
NumDep → NomDep

NumDep → adrDep

Et\_Dep (NumEt, NumDep, Nom, Prenom, AdrEt, NomDep, AdrDep)

## Notions de formes normales

- Une relation est en 3ème forme normale si
  - Elle est en 2<sup>ème</sup> forme normale
  - Toutes les DF issues de la clé sont des DF directes (Tout attribut n'appartenant pas à la clé, ne dépend pas d'un attribut non clé)



## Règle de décomposition

$R1(\underline{A}, \underline{B}, C, E)$  et DFs :  $A, B \rightarrow C, E$  ;  $B \rightarrow D$  ;  $C \rightarrow E$

$\Rightarrow R12(\underline{A}, \underline{B}, C)$ ,  $R12(\underline{C}, E)$  et  $R2(\underline{B}, D)$

## Algorithme de décomposition

- Algorithme de décomposition 3FN
  - ① Considérer tous les attributs comme faisant partie d'une seule relation (relation universelle)
  - ② Appliquer les transformations de normalisation pour obtenir des relations en 3FN



## Exercice

- Soit  $R(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K)$  une relation avec l'ensemble des DFs :  
 $A, B \rightarrow C, E$  ;  $A \rightarrow F$  ;  $F \rightarrow D, G, H$  et  $D \rightarrow I, J, K$
- Proposer un schéma 3NF pour pour R

## Présentation

- Point de départ :  $F = \{1: a \rightarrow b ; 2: b \rightarrow c, \dots\}$ , résultat schéma relationnel normalisé :  $R1[a, b, \dots]$ ...
- Étapes
  - Construction de l'ensemble de départ des DF
  - Construction de la couverture minimale
    - Suppression des DF redondantes déduites par transitivité, union et décomposition
  - Regroupement des DF ayant même partie gauche dans des sous ensembles
  - Regrouper les DF de type  $x \rightarrow y$  et  $y \rightarrow x$  dans le même sous ensemble

## Exemple

- Point de départ
  - $A = \{a, b, c, d, e, f, g, h, j, k\}$
  - $F = \{1: a \rightarrow b ; 2: a \rightarrow c ; 3: a, b, h \rightarrow e, g ; 4: h \rightarrow j ; 5: j \rightarrow k ; 6: h \rightarrow k ; 7: b \rightarrow a\}$
- 1ère étape : couverture minimale (suppression des DFs redondantes)
  - 6 est redondante car elle peut être obtenue avec 4 et 5 par transitivité :  
 $h \rightarrow j ; j \rightarrow k$  donne  $h \rightarrow k$
  - 1 et 3 permettent de simplifier 3 par pseudo-transitivité  $a \rightarrow b$  et  $a, b, h \rightarrow e, g$   
donne  $a, a, h \rightarrow e, g$   $a, a, h \rightarrow e, g$  donne  $a, h \rightarrow e, g$

## Exemple

- 2<sup>ème</sup> étape : regroupement des DF
  - même partie gauche
    - $E1 = \{1: a \rightarrow b ; 2: a \rightarrow c\}$  ;  $E2 = \{3: a, h \rightarrow e, g\}$
    - $E3 = \{4: h \rightarrow j\}$  ;  $E4 = \{5: j \rightarrow k\}$  ;  $E5 = \{7: b \rightarrow a\}$
  - $x \rightarrow y$  et  $y \rightarrow x$ 
    - $E1 = \{a \rightarrow b ; a \rightarrow c ; b \rightarrow a\}$  et  $E5 = \{b \rightarrow a\}$
- 3<sup>ème</sup> étape : relations
  - $R1[\underline{a}, b, c]$
  - $R2[\underline{a\#}, \underline{h\#}, e, g]$
  - $R3[\underline{h}, j\#]$
  - $R4[j, k]$

## Boyce-Codd

- Une relation est en forme normale de Boyce-Codd (BCNF) si et seulement si les seules DFs élémentaires sont celles dans lesquelles une clé entière détermine un attribut
- La condition qui définit BCNF est une simplification de 3NF. BCNF est plus stricte que 3NF, si une relation est BCNF alors elle 3NF
- Exemple.  $R(A,B,C)$  avec  $F = \{AB \rightarrow C, C \rightarrow B\}$  est 3NF mais pas BCNF, dans  $C \rightarrow B$  la partie gauche n'est pas une clé candidate.