



UNIVERSITE DE CORSE
Master informatique 1^{ère}
année
Parcours DFS et DE
2025-2026

Bases de données NoSQL
CH1 – BD relationnelles
(compléments)



Evelyne VITTORI
vittori_e@univ-corse.fr

Plan du cours

CH1 – BD
Relationnelles
(Compléments)

- Anomalies de mise à jour
- Normalisation-dénormalisation

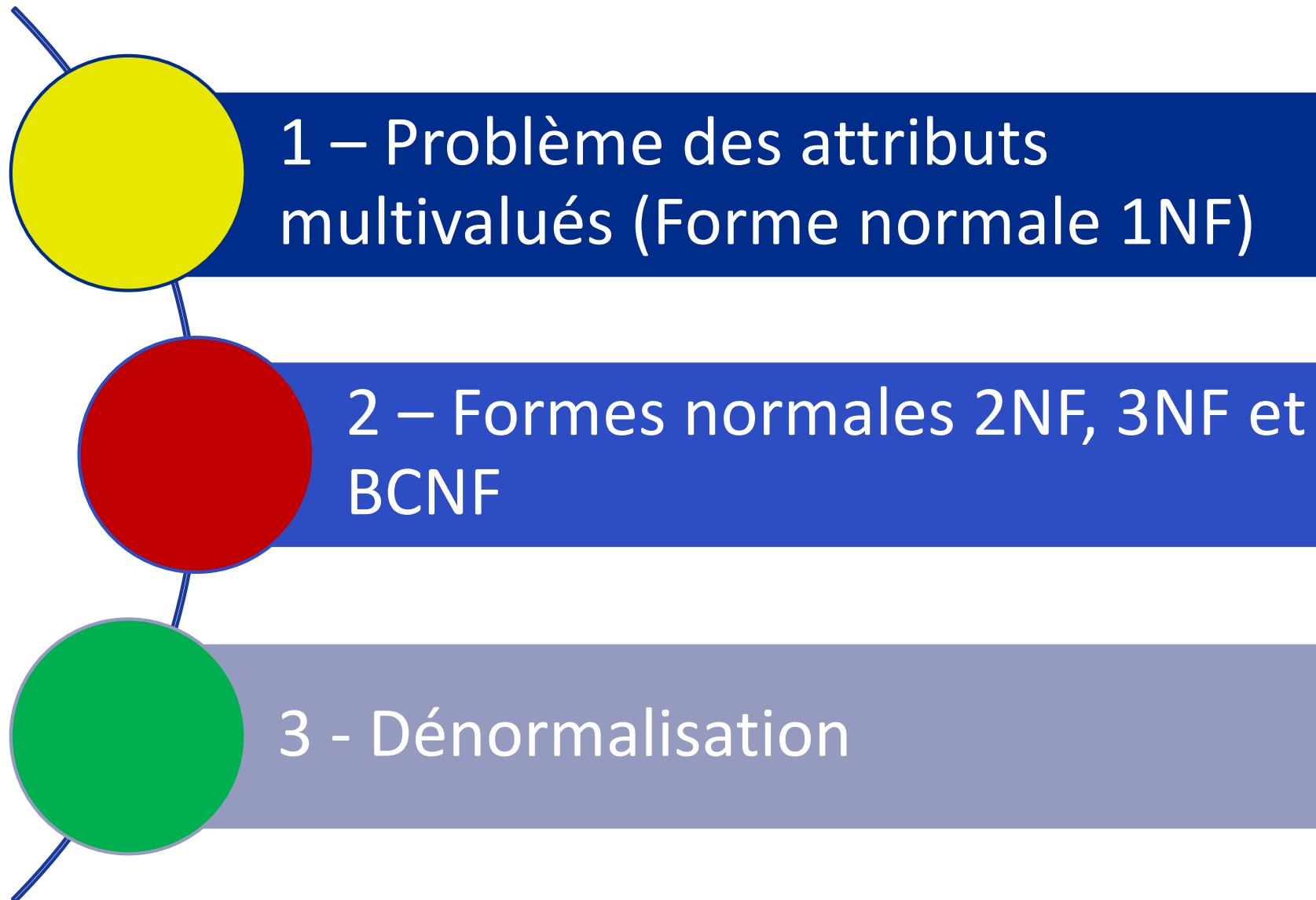
CH2 – BD NoSQL

- Principes des BD non relationnelles
- Tour d'horizon des SGBD NoSQL

CH3 - MongoDB

- Initiation à MongoDB

CH1 – BD Relationnelles (Compléments)



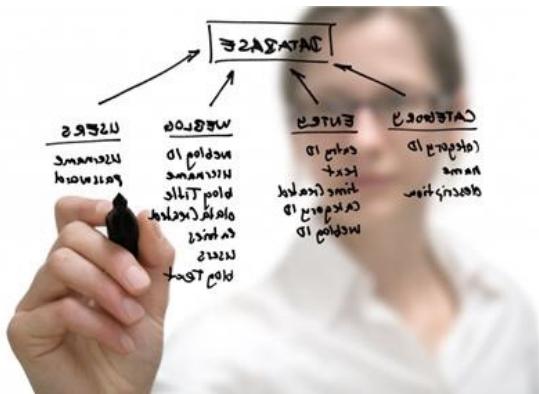
Normalisation

Objectifs du chapitre



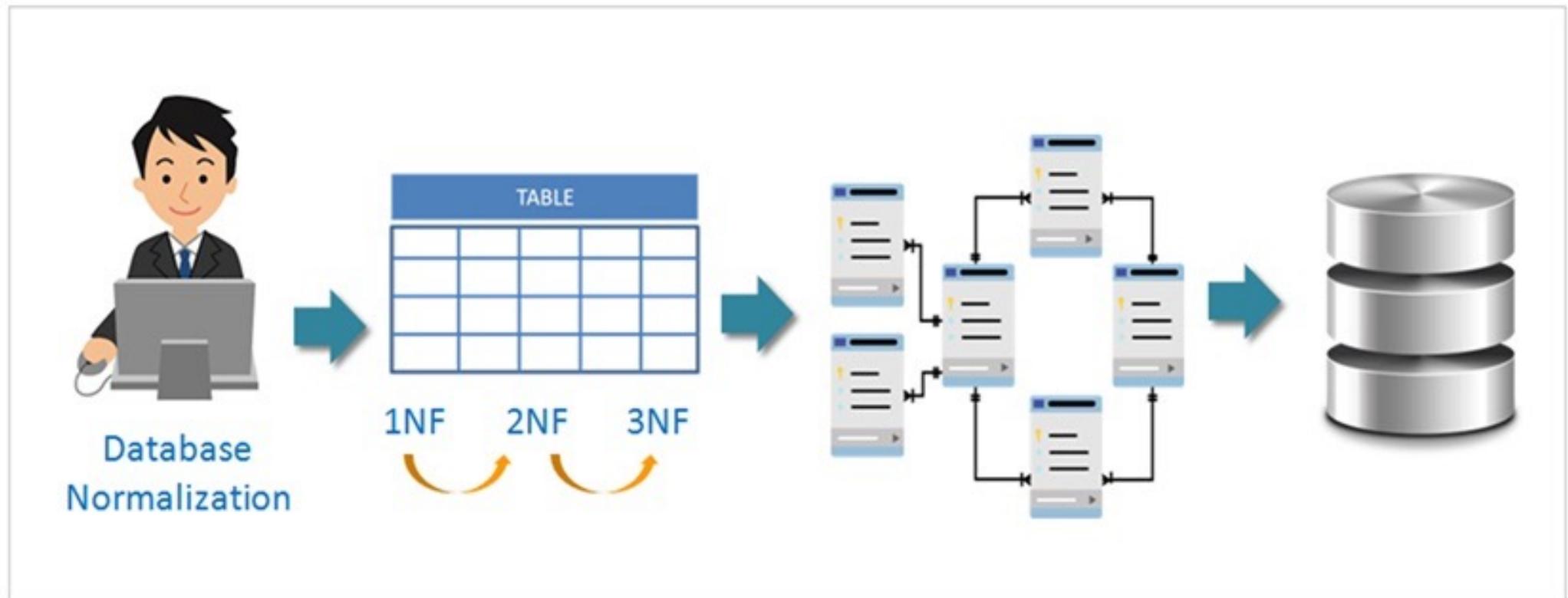
Maitriser le processus de normalisation

- Comprendre l'objectif du processus
- Savoir l'appliquer
- Savoir décider de ne pas normaliser



Fondamental pour comprendre la différence entre les BD relationnelles et les BD NoSQL

Qu'est-ce que la normalisation?



What Is Database Normalization ?

www.learncomputerscienceonline.com

Conception d'un schéma relationnel

- Une mauvaise conception entraîne des problèmes lors de la manipulation des données

Il vaut mieux anticiper!

- Deux approches complémentaires:

- Normalisation

- Schéma relationnel existant
 - Identification d'anomalies
 - Application d'un processus de décomposition



- Méthode de conception

- Démarche en 2 étapes

- Construction d'un schéma conceptuel
 - Traduction en schéma relationnel

Normalisation utilisée
implicitement



La normalisation: Pourquoi?

Définir des « Bonnes » relations
au sens de CODD:

- Absence d'attributs multivalués
- Absence de redondance logique
- Absence d'anomalies lors des opérations de mises à jour

Remarque importante

Une « relation » au sens de CODD est une « table » (avec certaines propriétés)

La normalisation: Comment?

Identification des anomalies



Décomposition des relations

- Remplacement des relations comportant des anomalies par une ou plusieurs relations "meilleures "
- De manière réversible
- Sans perte d'informations

Le processus de normalisation

Un processus de décomposition réversible

Relations non normalisées

Relations en 1NF

Relations 2NF

Relations 3NF

Relations BCNF

Relations 4NF

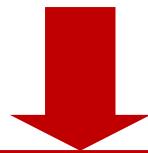
5NF

Le processus de normalisation

Deux étapes:

Elimination des attributs multivalués

Mise en Première forme normale (1NF)



Elimination des Dépendances « parasites »

■ Dépendances Fonctionnelles

2NF-3NF-BCNF

■ Dépendances multivaluées

4NF – 5NF



La première forme normale 1NF

Problème des attributs multivalués

Première Forme Normale 1NF

Une relation est dite en 1NF si et seulement si tous ses attributs sont atomiques (monovalués)

Exemple de relation non 1NF

BATEAUX	BATNUM	BATNOM	CAPACITE	BATPORT
	B001	LIBERTE	(4,6,10)	Bastia
	B002	LOUISIANE	8	Ajaccio
	B005	HARMONY	(6,12)	Ajaccio



CAPACITE est un attribut multivalué

BATNUM, BATNOM et BATPORT sont des attributs monovalués

Problèmes lors de l'interrogation

Comment calculer la moyenne des notes?

Comment rechercher les étudiants habitant
Corte?

Etudiant				
N°	nom	prenom	adresse	notes
1	Dupont	Christophe	20 rue Paoli, 20217 Saint-Florent	10, 15, 20
2	Poli	Marie	10 cours Paoli, 20250 Corte	20, 18, 18
3	Dudu	Pierre	14 rue de la fontaine, 20250 Corte	8, 5, 14
4	Biro	Paul	10 cours Napoléon, 20000 Ajaccio	12, 14, 9

Attributs multivalués

- Non autorisés dans le modèle relationnel

Elimination des attributs multivalués

- Solution 1: Eclatement des attributs

N°	nom	prenom	adresse	ville	codePostal	note1	note2	note3
1	Dupont	Christophe	20 rue Paoli	Saint-Florent	20217	10	15	20
2	Poli	Marie	10 cours Paoli	Corte	20250	20	18	18
3	Dudu	Pierre	14 rue de la fontaine	Corte	20250	8	5	14
4	Biro	Paul	10 cours Napoléon	Ajaccio	20000	12	14	9

Oui mais si l'on souhaite plus de 3 notes?

Elimination des attributs multivalués

■ Solution 2: Eclatement du groupe répétitif

Etudiant2							
N°	nom	prenom	adresse	ville	codePostal	Note	
4	Biro	Paul	10 cours Napoléon	Ajaccio	20000	12	
4	Biro	Paul	10 cours Napoléon	Ajaccio	20000	14	
4	Biro	Paul	10 cours Napoléon	Ajaccio	20000	9	
1	Dupont	Christophe	20 rue Paoli	Saint-Florent	20127	10	
1	Dupont	Christophe	20 rue Paoli	Saint-Florent	20217	15	
1	Dupont	Christophe	20 rue Paoli	Saint-Florent	20217	20	
2	Poli	Marie	10 cours Paoli	Corte	20250	20	
3	Dudu	Pierre	14 rue de la fontaine	Corte	20250	8	
2	Poli	Marie	10 cours Paoli	Corte	20250	18	
2	Poli	Marie	10 cours Paoli	Corte	20250	18	
3	Dudu	Pierre	14 rue de la fontaine	Corte	20250	5	
3	Dudu	Pierre	14 rue de la fontaine	Corte	20250	14	

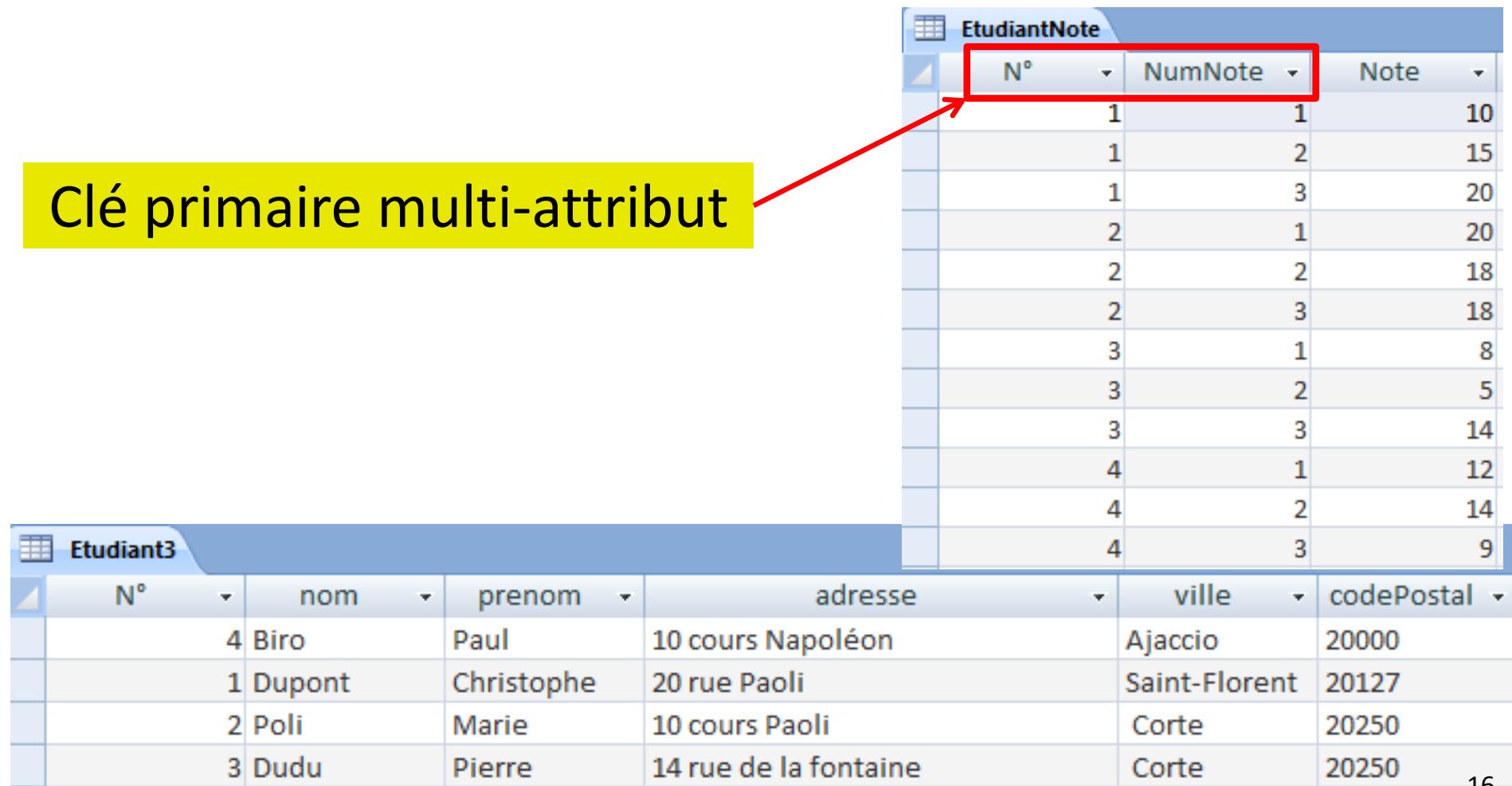
Solution peu satisfaisante: pourquoi?

- Perte de la clé primaire
- Comment reconnaître l'indice de la note?

Elimination des attributs multivalués

■ Solution 3: Eclatement de la table

Clé primaire multi-attribut



The diagram illustrates the decomposition of a multi-valued attribute. On the right, a table named 'EtudiantNote' is shown with columns: N°, NumNote, and Note. The N° column contains values 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4. The NumNote column contains values 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3. The Note column contains values 10, 15, 20, 20, 18, 18, 8, 5, 14, 12, 14, 9. A red box highlights the N° and NumNote columns, and a red arrow points from the text 'Clé primaire multi-attribut' to this box. On the left, a table named 'Etudiant3' is shown with columns: N°, nom, prenom, adresse, ville, and codePostal. The N° column contains values 4, 1, 2, 3. The nom column contains values Biro, Dupont, Poli, Dudu. The prenom column contains values Paul, Christophe, Marie, Pierre. The adresse column contains values 10 cours Napoléon, 20 rue Paoli, 10 cours Paoli, 14 rue de la fontaine. The ville column contains values Ajaccio, Saint-Florent, Corte, Corte. The codePostal column contains values 20000, 20127, 20250, 20250.

Etudiant3					
N°	nom	prenom	adresse	ville	codePostal
4	Biro	Paul	10 cours Napoléon	Ajaccio	20000
1	Dupont	Christophe	20 rue Paoli	Saint-Florent	20127
2	Poli	Marie	10 cours Paoli	Corte	20250
3	Dudu	Pierre	14 rue de la fontaine	Corte	20250

Elimination des attributs multivalués

- 1^{ère} étape du processus de normalisation
- Mise sous la forme 1NF (1^{ère} Forme Normale)

Règles à appliquer

1 – CARDINALITE FIXE

- Eclatement de l'attribut

2 – CARDINALITE VARIABLE

- Eclatement de la relation par création d'une relation descriptive (souvent toute clé)





Les formes normales 2NF, 3NF et BCNF

- Anomalies de mise à jour
- Notion de dépendance fonctionnelle
- Théorème de Casey Delobel

Qu'est-ce qu'une anomalie de mise à jour?

Avoiding Database Anomalies



Anomalies de mise à jour

Monsieur Paoli déménage pour Ajaccio. Quelles données faut-il modifier?

Cours					
N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NomProfesseur	Adresse
1	Algorithmique	L2SFA	25	Nivet	Corte
2	Algorithmique Avancée	L2SFA	25	Paoli	SaintFlorent
4	Analyse	L1SFA	40	Paoli	SaintFlorent
5	Cryptographie	M2S2I	16	Simonnet	Corte
6	POO	L2SFA	25	Vittori	Ajaccio
7	Web Sémantique	M1S2I	22	Paoli	SaintFlorent
8	J2EE	M1S2I	22	Nivet	Corte
9	UML	L3Info	12	Vittori	Ajaccio

Anomalie de modification

- Liée à la présence de Redondances
- Modifications répétées
- Risques d'erreur

Anomalies de mise à jour

Un nouveau professeur monsieur Cagnard vient d'arriver, il habite Corte. Peut-on stocker cette information dans la table Cours?

Cours						
N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NomProfesseur	Adresse	
1	Algorithmique	L2SFA	25	Nivet	Corte	
2	AlgorithmiqueAvancée	L2SFA	25	Paoli	SaintFlorent	
4	Analyse	L1SFA	40	Paoli	SaintFlorent	
5	Cryptographie	M2S2I	16	Simonnet	Corte	
6	POO	L2SFA	25	Vittori	Ajaccio	
7	Web Sémantique	M1S2I	22	Paoli	SaintFlorent	
8	J2EE	M1S2I	22	Nivet	Corte	
9	UML	L3Info	12	Vittori	Ajaccio	
10				Cagnard	Corte	

Anomalie d'insertion

- Impossible de créer un tuple sans numéro d'UE
- Incohérent de créer un tuple avec un numéro absurde

Anomalies de mise à jour

L'UE de cryptographie est supprimée. On supprime donc le tuple correspondant. Quelles sont les conséquences?

Cours					
N°UE	Titre	Filière	NombreEleve	NomProfesseur	Adresse
1	Algorithmique	L2SFA	25	Nivet	Corte
2	AlgorithmiqueAvancée	L2SFA	25	Paoli	SaintFlorent
4	Analyse	L1SFA	40	Paoli	SaintFlorent
6	POO	L2SFA	25	Vittori	Ajaccio
7	Web Sémantique	M1S2I	22	Paoli	SaintFlorent
8	J2EE	M1S2I	22	Nivet	Corte
9	UML	L3Info	12	Vittori	Ajaccio

Anomalie de suppression

- Perte d'information: Impossible de savoir où habite Simonnet!

Anomalies de mise à jour: Diagnostic

- Le problème vient de l'existence d'une dépendance fonctionnelle « parasite ». DF

Cours						
N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NomProfesseur	Adresse	
1	Algorithmique	L2SFA	25	Nivet	Corte	
2	Algorithmique Avancée	L2SFA	25	Paoli	SaintFlorent	
4	Analyse	L1SFA	40	Paoli	SaintFlorent	
5	Cryptographie	M2S2I	16	Simonnet	Corte	
6	POO	L2SFA	25	Vittori	Ajaccio	
7	Web Sémantique	M1S2I	22	Paoli	SaintFlorent	
8	J2EE	M1S2I	22	Nivet	Corte	
9	UML	L3Info	12	Vittori	Ajaccio	

Objectif du Processus de normalisation

Un seul type de lien sémantique par relation
CLE PRIMAIRE DF → Attributs non clés

Les formes normales 2NF, 3NF et BCNF

- Les relations normalisées dites en 2NF, 3NF et BCNF sont des relations qui ne comportent pas de **dépendance fonctionnelle parasite**.
- Les questions qui se posent:
 - Qu'est ce qu'une **DF**? Une **DF parasite**?
 - Comment les éliminer?
 - Théorème de **Casey-Delobel**
 - Notion de décomposition réversible
 - Qu'est ce qui différencie **2NF, 3NF et BCNF**?

Notion de dépendance fonctionnelle

Soit R une relation et Ω l'ensemble de ses attributs,

Soient A et B , deux attributs ou **groupes** d'attributs de Ω

Soient t_1 et t_2 deux tuples de R ,

$t_1[A]$ représente la valeur de l'attribut A dans le tuple t_1



Il existe une Dépendance Fonctionnelle de A vers B ssi
 $t_1[A]=t_2[A] \Rightarrow t_1[B]=t_2[B]$

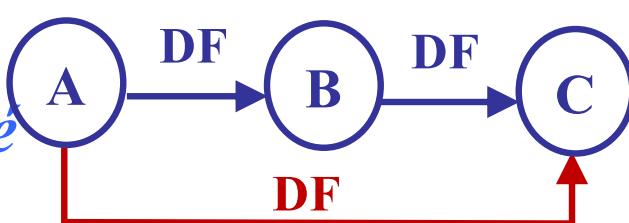
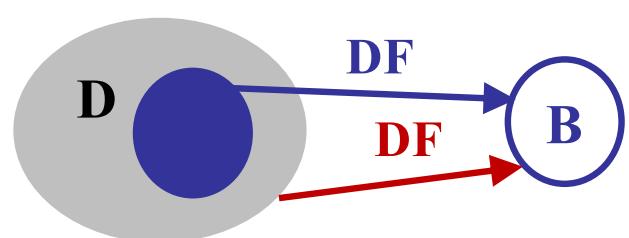
Exemples:

BATNUM $\xrightarrow{\text{DF}}$ **BATNOM**

SKNUM, TYPEBAT $\xrightarrow{\text{DF}}$ **TYPEFORMAT, DUREE**

Propriétés des dépendances fonctionnelles

REGLES DE GENERICITE (Amstrong)

- *Réflexivité* 
- *Transitivité* 
- *Augmentation du Déterminant* 

Exemple:

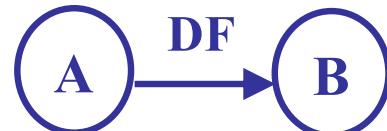
CroisNum \longrightarrow DepPort
CroisNum
DepDate \longmapsto DepPort

Théorème de CASEY-DELOBEL

Soit R une relation et Ω l'ensemble de ses attributs,

Soient A et B , deux attributs ou groupes d'attributs de Ω

S'il existe une DF de A vers B



Alors R peut se décomposer de manière réversible en 2 relations $R1$ et $R2$ tq

$$R(\Omega) = R1(\Omega1) \otimes R2(\Omega2)$$

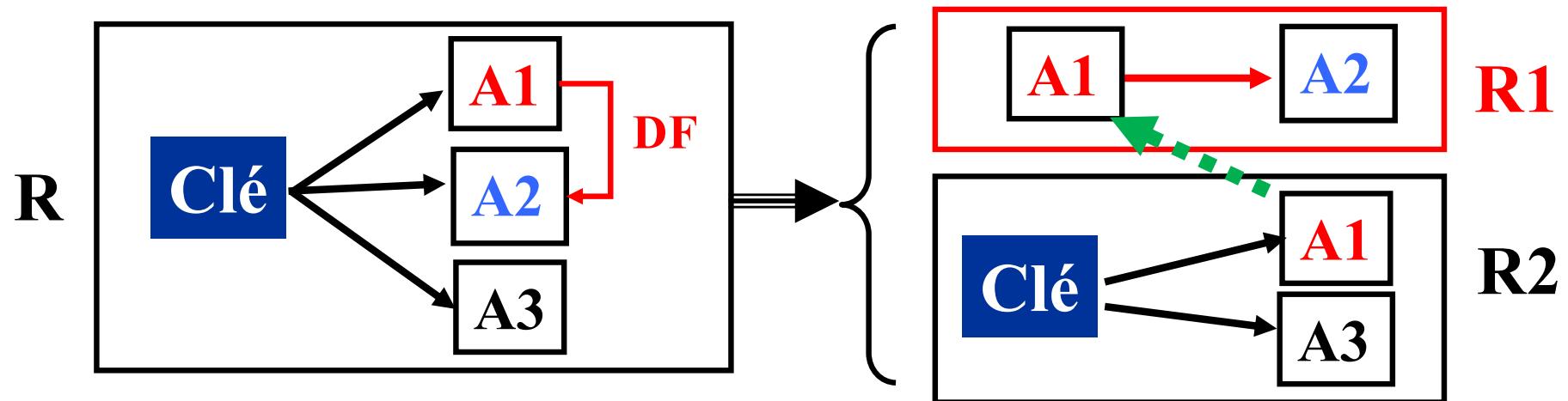
avec $\Omega1 = A \cup B$

$$\Omega2 = \Omega - B = A \cup (\Omega - (A \cup B))$$

Isolement
de la DF

Principe de la décomposition

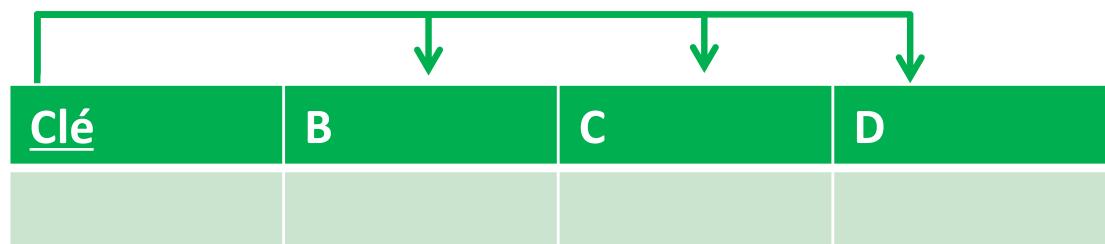
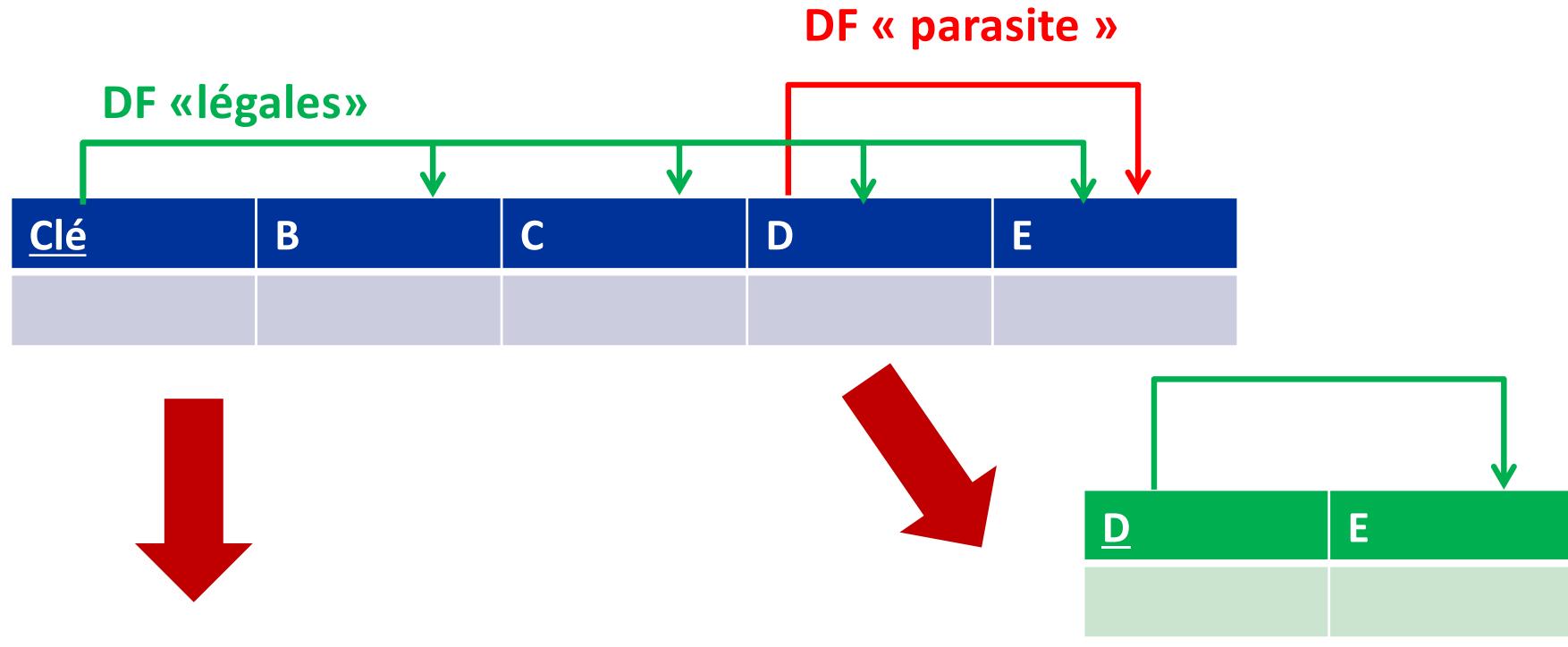
Théorème de Casey-Delobel



Décomposition Réversible

Reconstruction de la relation initiale
possible par Equijointure naturelle

Comment décomposer ?



Isolement de la DF

Théorème de CASEY-DELOBEL

Exemple



BATEAUX	BATNUM	BATNOM	BATYPE	CAPACITE	BATPORT
	B001	LIBERTE	DUFOUR 32	6	Bastia
	B002	LOUISIANE	MELODY	8	Ajaccio
	B005	HARMONY	OCEANIS 370	12	Ajaccio
	B006	ORION	DUFOUR 32	6	Bastia
	B004	ETOILE	DUFOUR 32	6	Ajaccio

BATEAUX(BATNUM, BATNOM, BATYPE, CAPACITE, BATPORT)

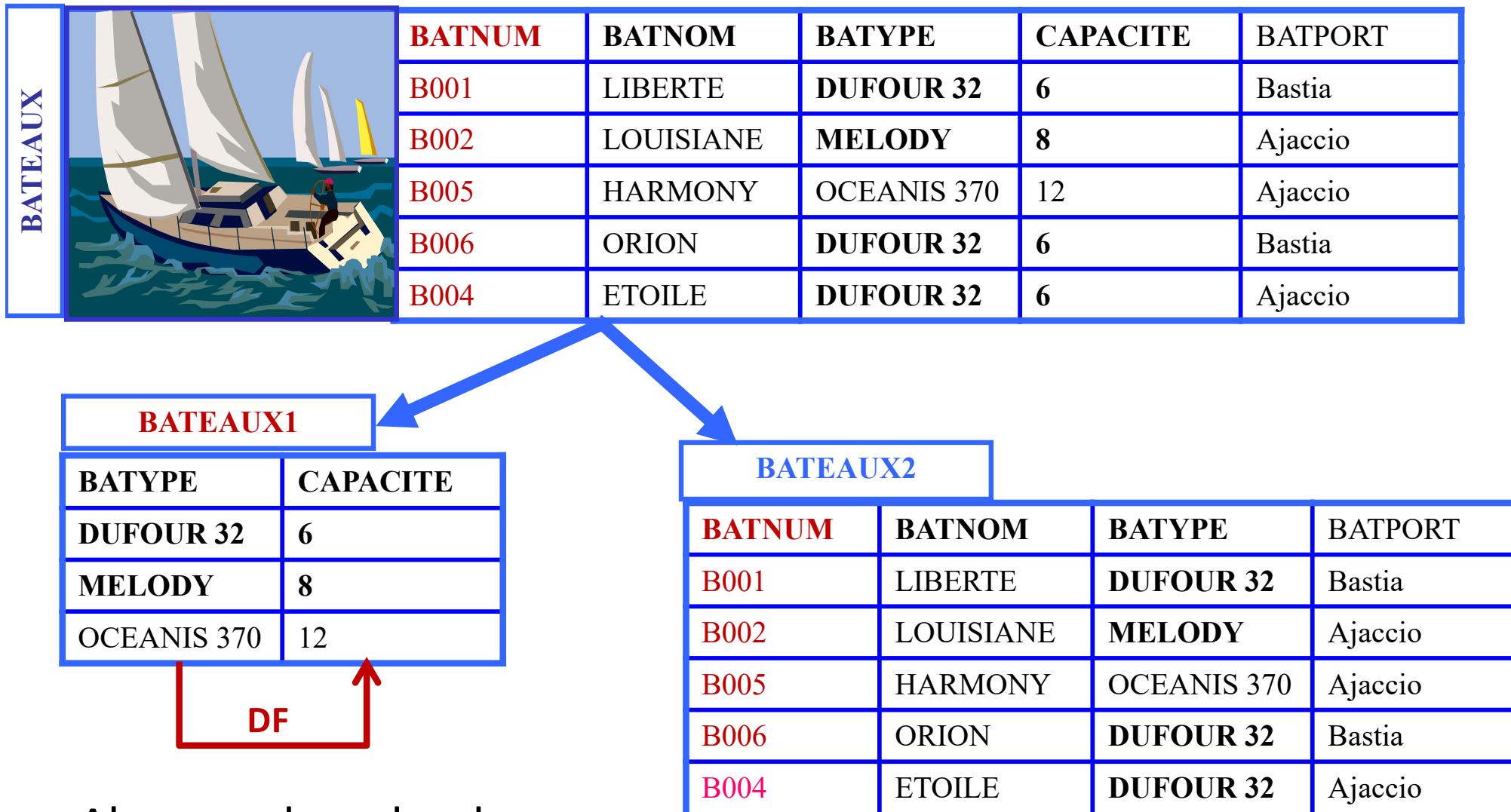
DF

BATEAUX1(BATYPE, CAPACITE)

BATEAUX2(BATNUM, BATNOM, BATYPE, BATPORT)

Théorème de CASEY-DELOBEL

Décomposition



- Absence de redondance
- Élimination des anomalies de mise à jour

Théorème de CASEY-DELOBEL

La décomposition est-elle réversible?

BATEAUX1	
BATYPE	CAPACITE
DUFOUR 32	6
MELODY	8
OCEANIS 370	12

BATEAUX2			
BATNUM	BATNOM	BATYPE	BATPORT
B001	LIBERTE	DUFOUR 32	Bastia
B002	LOUISIANE	MELODY	Ajaccio
B005	HARMONY	OCEANIS 370	Ajaccio
B006	ORION	DUFOUR 32	Bastia
B004	ETOILE	DUFOUR 32	Ajaccio

BATEAUX=BATEAUX1 \otimes BATEAUX2

BATEAUX	BATEAUX				
	BATNUM	BATNOM	BATYPE	CAPACITE	BATPORT
	B001	LIBERTE	DUFOUR 32	6	Bastia
	B002	LOUISIANE	MELODY	8	Ajaccio
	B005	HARMONY	OCEANIS 370	12	Ajaccio
	B006	ORION	DUFOUR 32	6	Bastia
	B004	ETOILE	DUFOUR 32	6	Ajaccio

Théorème de CASEY-DELOBEL

BATEAUX1(BATYPE, CAPACITE)



BATEAUX2(BATNUM, BATNOM, BATTYPE, BATPORT)

BILAN sur la décomposition selon le théorème de CASEY-DELOBEL

- Élimination des redondances
- Élimination d'anomalies de mise à jour
- Décomposition Réversible

Equijointure naturelle= Reconstruction de la relation initiale

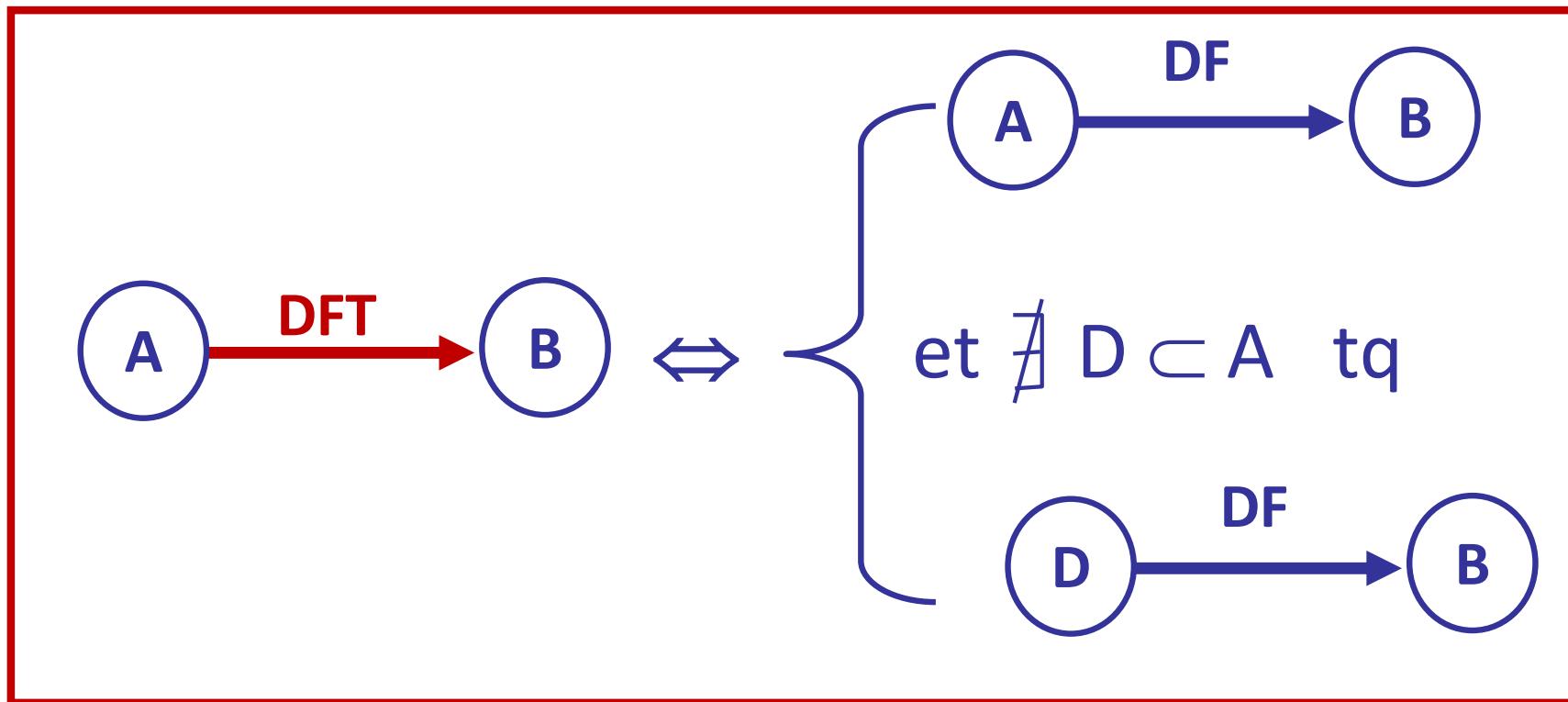


Deuxième forme Normale 2NF

- Notion de DF totale
- Définition 2NF
- Mise en forme 2NF

Dépendance fonctionnelle Totale

- Soit R une relation et Ω l'ensemble de ses attributs,
- Soient A et B , deux attributs ou groupes d'attributs de Ω



Une DF non totale est dite **Partielle**.

Dépendance fonctionnelle Totale

Exemple:



- La DF1 est **PARTIELLE** car
 - ▀ $\exists \text{ BATYPE} \subset (\text{BATNUM}, \text{BATYPE})$

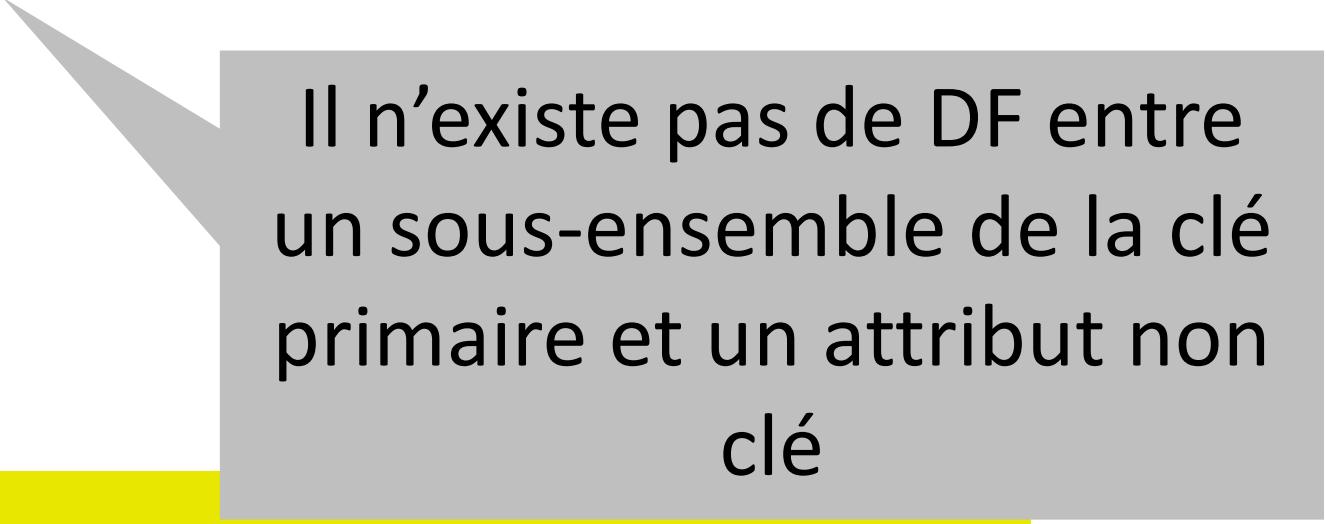


- La DF2 est **TOTALE**

Deuxième Forme Normale 2NF

Une relation est dite en 2NF ssi

- Elle est en 1NF
- La DF entre la clé primaire et les attributs non clés est totale



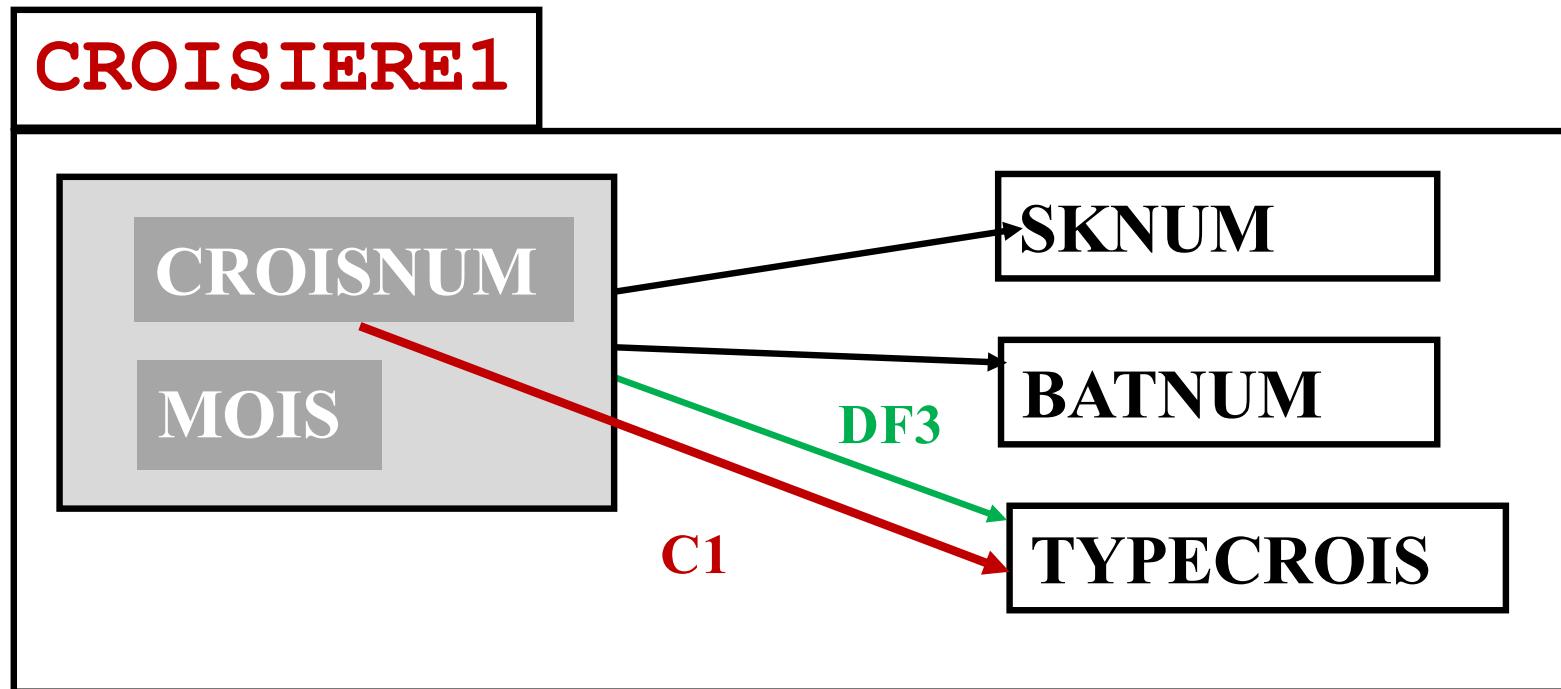
Il n'existe pas de DF entre un sous-ensemble de la clé primaire et un attribut non clé

Remarque

Une relation en 1NF dont la clé primaire est mono-attribut est obligatoirement en 2NF.

Mise sous forme 2NF (exemple)

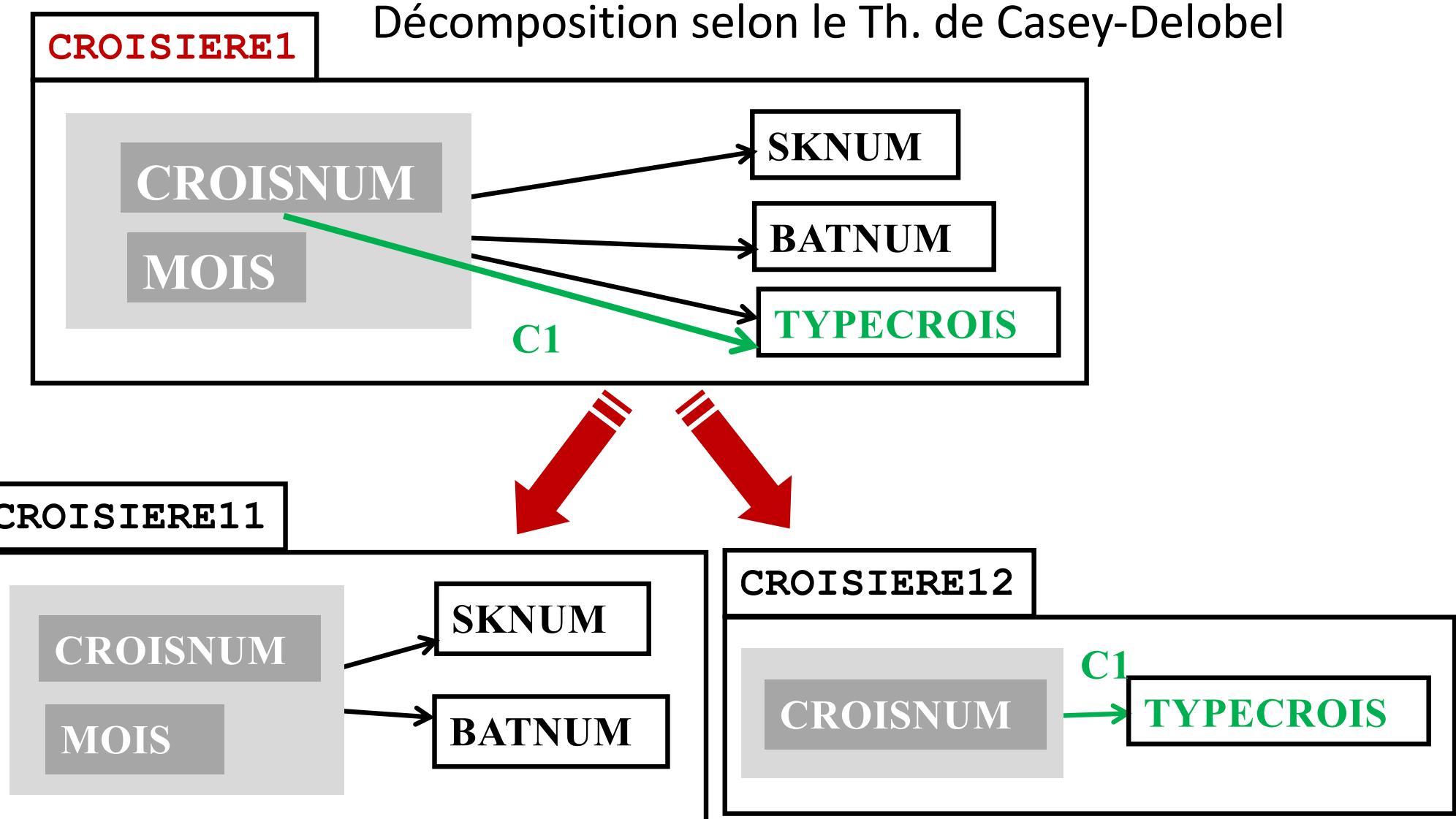
C1 : Le numéro de croisière détermine le type de croisière.



La relation n'est pas en 2NF car la **DF3** n'est pas totale.
C1 est une DF « parasite ».

Il faut décomposer la relation

Mise sous forme 2NF (exemple)



Mise sous forme 2NF (exemple)

Décomposition selon le Th. de Casey-Delobel

CROISIERES1



	CROISNUM	MOIS	SKNUM	BATNUM	TYPECROIS
	C001	1	1	B003	Luxe
	C002	1	2	B002	Eco
	C003	1	1	B003	Luxe
	C001	2	3	B002	Luxe
	C002	2	3	B002	Eco
	C004	2	4	B004	Inter

C1

- Redondances?
- Anomalies de MAJ?

CROISIERES11

CROISNUM	MOIS	SKNUM	BATNUM
C001	1	1	B003
C002	1	2	B002
C003	1	1	B003
C001	2	3	B002
C002	2	3	B002
C004	2	4	B004

CROISIERES12

CROISNUM	TYPECROIS
C001	Luxe
C002	Eco
C003	Luxe
C004	Inter



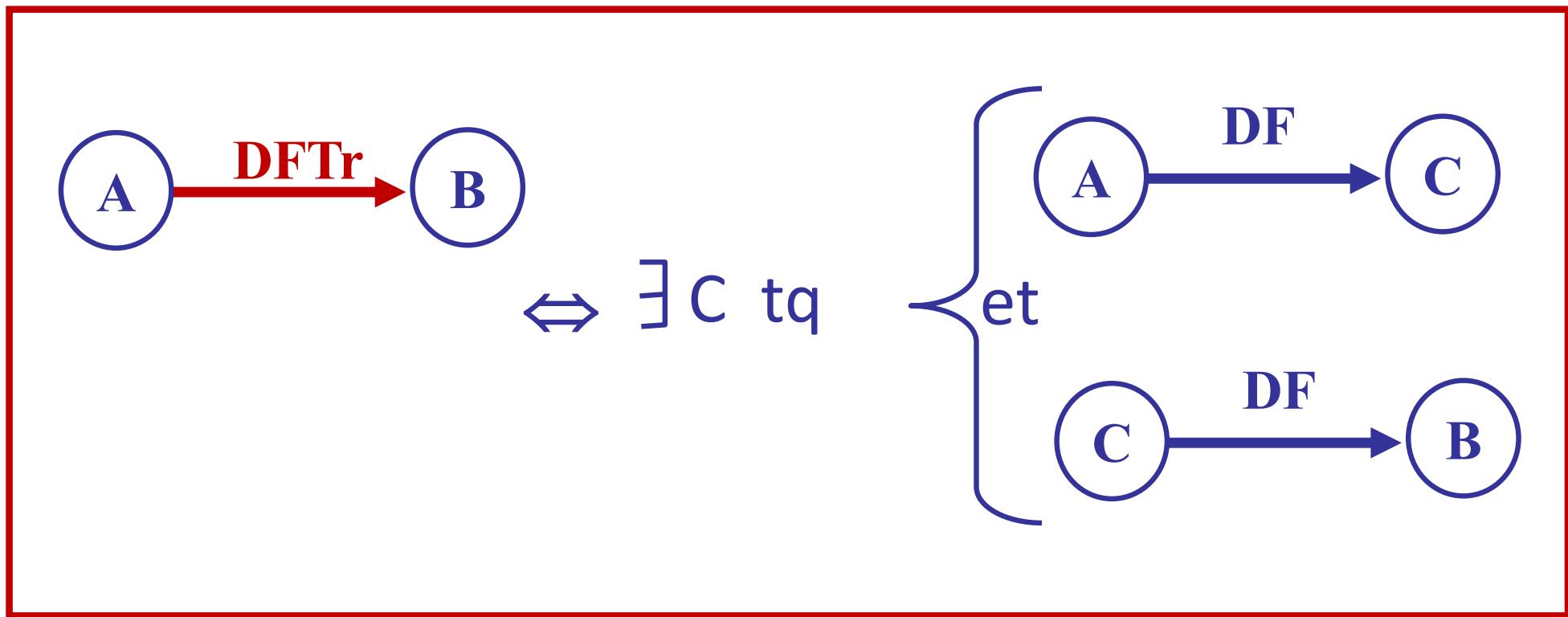
Troisième forme Normale 3NF

- Notion de DF transitive
- Définition 3NF
- Mise en forme 3NF

Dépendance fonctionnelle Transitive

Soit R une relation et Ω l'ensemble de ses attributs,

Soient A et B , deux attributs ou groupes d'attributs de Ω



Une DF non transitive est dite **Directe**.

Dépendance fonctionnelle Transitive

Exemple:

- La DF: BATNUM $\xrightarrow{\text{DF}}$ CAPACITE

est TRANSITIVE car



- Ces deux DF sont DIRECTES.

Troisième Forme Normale 3NF

Une relation est dite en **3NF** ssi

- Elle est en 2NF
- Les DF entre la clé primaire et chacun des attributs non clés sont Directes.



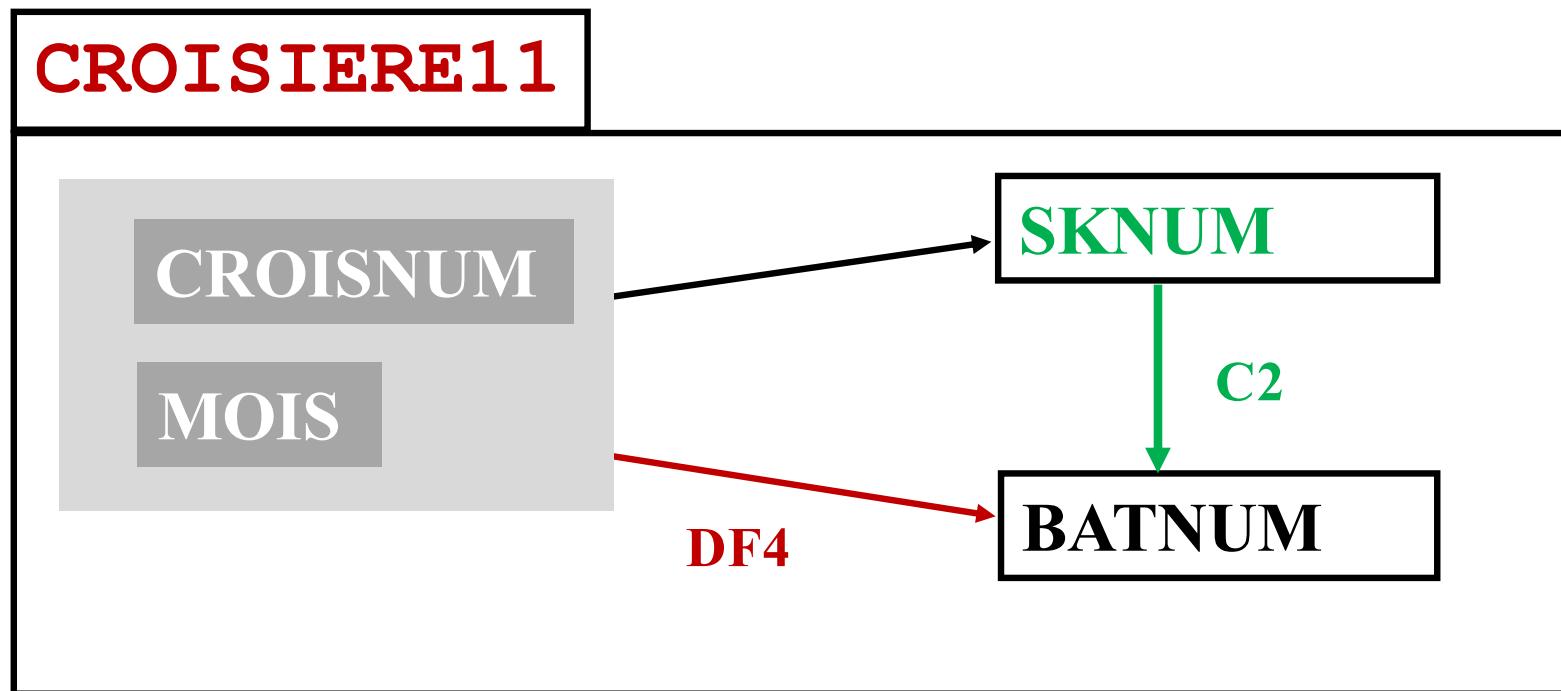
Il n'existe pas de DF entre deux attributs non clés

Remarque

Cas le plus fréquent!

Mise sous forme 3NF (Exemple)

C2 : Un skipper barre toujours le même bateau.



La relation n'est pas en 3NF car la DF4 est transitive.

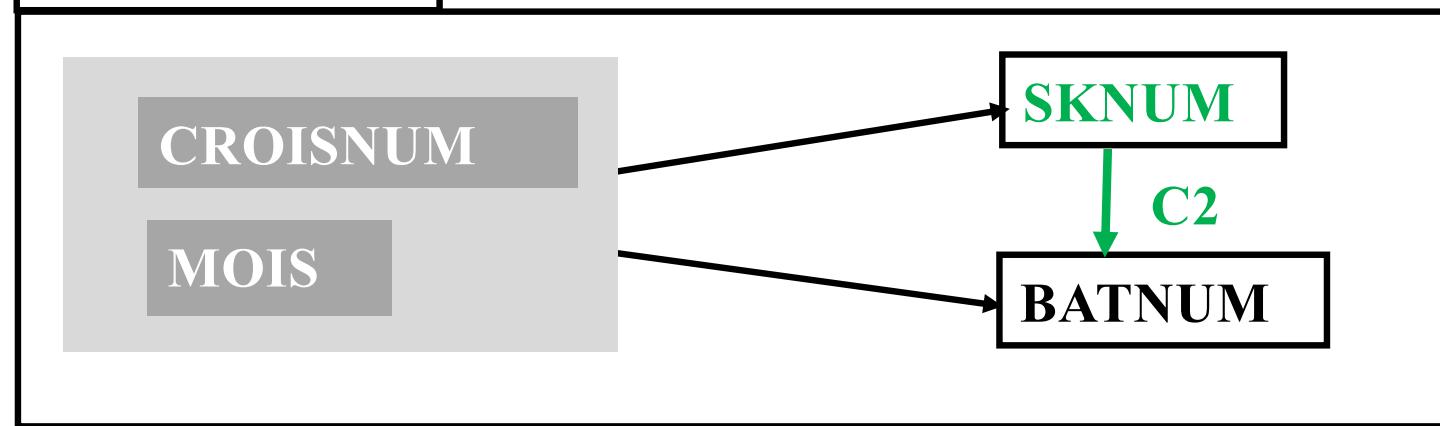
C2 est une DF « parasite ».

Il faut décomposer la relation

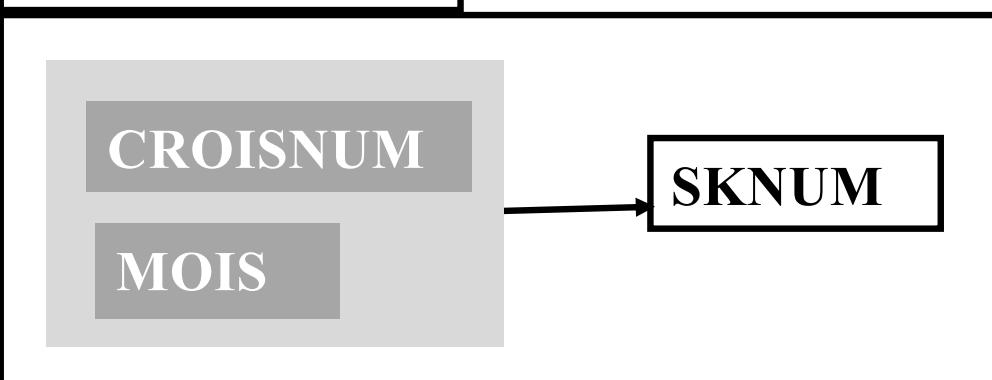
Mise sous forme 3NF (Exemple)

Décomposition selon le Th. de Casey-Delobel

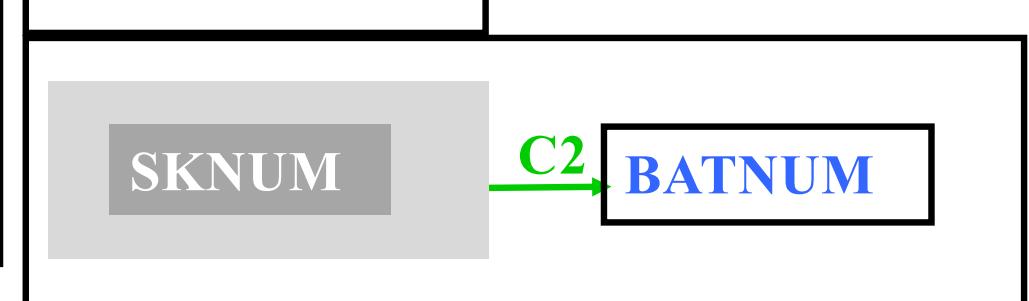
CROISIERE11



CROISIERE111



CROISIERE112



Mise sous forme 3NF (Exemple)

CROISIERES11



C2

CROISNUM	MOIS	SKNUM	BATNUM
C001	1	1	B003
C002	1	2	B002
C003	1	1	B003
C001	2	3	B002
C002	2	3	B002
C004	2	4	B004

Décomposition selon
le Th. de Casey-
Delobel

- Redondances?
- Anomalies de MAJ?

CROISIERES111

CROISNUM	MOIS	SKNUM
C001	1	1
C002	1	2
C003	1	1
C001	2	3
C002	2	3
C004	2	4

CROISIERES112

SKNUM	BATNUM
1	B003
2	B002
3	B002
4	B004



Forme Normale de Boyce & Codd BCNF

- Définition BCNF
- Mise en forme BCNF

Forme Normale de Boyce et Codd BCNF

Une relation est dite en **BCNF** ssi

- Elle est en 3NF
- Tout déterminant de DF est clé primaire.

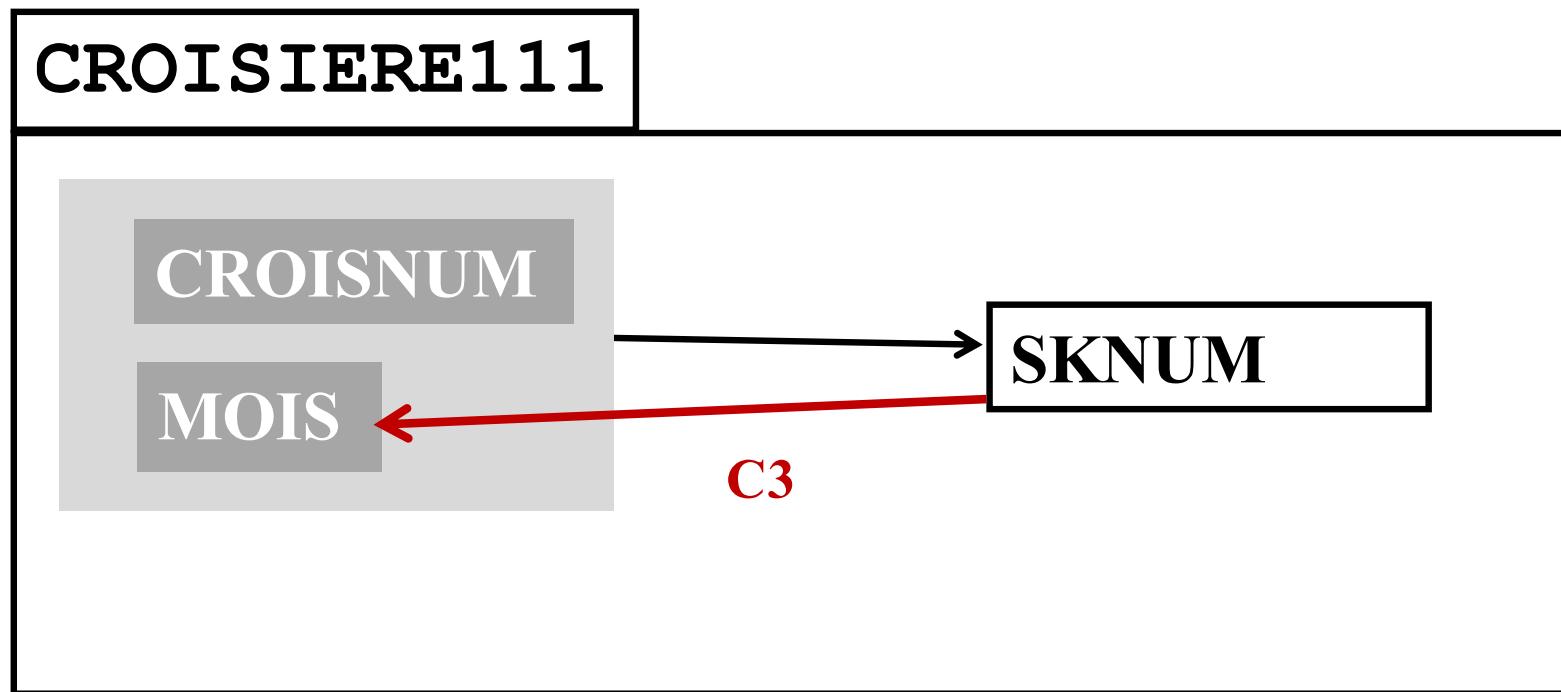
Il n'existe pas de DF entre un attribut non clé et une partie de la clé primaire.

Remarque

Une relation en 3NF dont la clé primaire est mono-attribut est obligatoirement en BCNF.

Mise sous forme BCNF (Exemple)

C3 : Un skipper ne travaille qu'un mois par an!



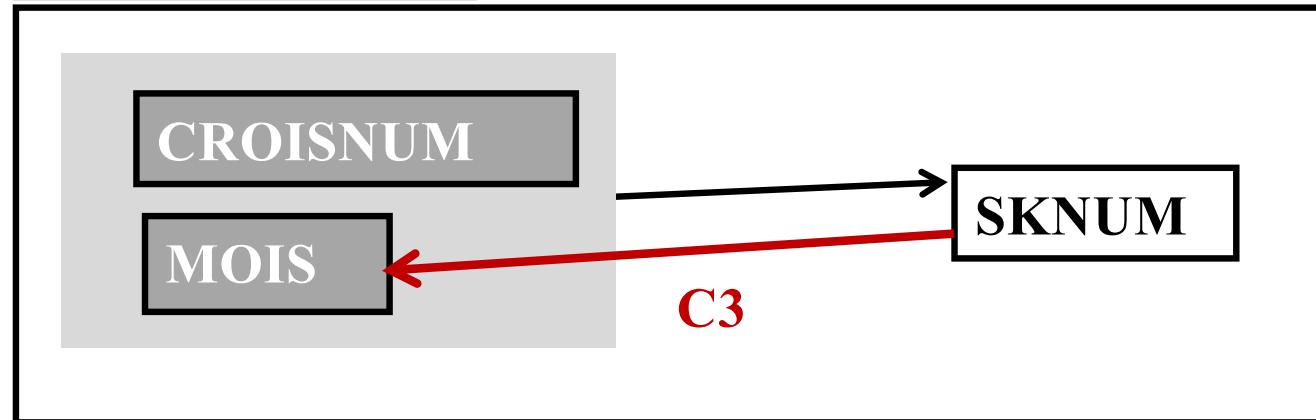
La relation n'est pas en BCNF car le déterminant de la DF – C3, SKNUM, n'est pas clé primaire.
C3 est une DF « parasite ».

Il faut décomposer la relation

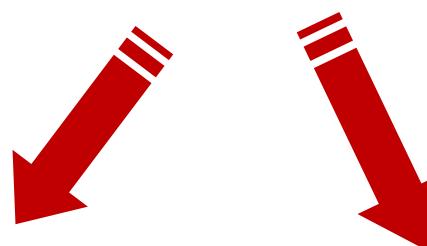
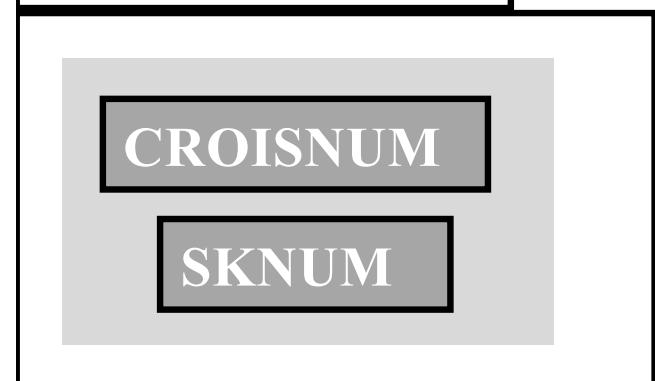
Mise sous forme BCNF (Exemple)

Théorème de Casey-Delobel

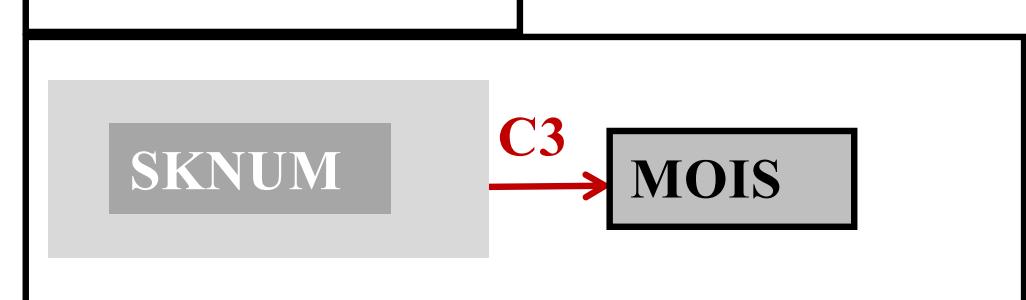
CROISIERE111



CROISIERE1111



CROISIERE1112



Relation « toute clé »

Mise sous forme BCNF (Exemple)

CROISIERES111		
CROISNUM	MOIS	SKNUM
C001	1	1
C002	1	2
C003	1	1
C001	2	3
C002	2	3
C004	2	4

- Redondances?
- Anomalies de MAJ?

CROISIERES1111	
CROISNUM	SKNUM
C001	1
C002	2
C003	1
C001	3
C002	3
C004	4

Décomposition
selon le Th. de
Casey-Delobel

CROISIERES1112	
SKNUM	MOIS
1	1
2	1
3	2
4	2

Schéma relationnel Final en BCNF

CROISIERES12	
CROISNUM	TYPECROIS
C001	Luxe
C002	Eco
C003	Luxe
C004	Inter

c1

CROISIERES12	
SKNUM	BATNUM
1	B003
2	B002
3	B002
4	B004

c2

CROISIERES111	
CROISNUM	SKNUM
C001	1
C002	2
C003	1
C001	3
C002	3
C004	4

c3

CROISIERES112	
SKNUM	MOIS
1	1
2	1
3	2
4	2

Retour sur l'exemple initial

La relation « Cours » (clé primaire N°UE) n'est pas normalisée à cause de la **DF** parasite.

- Quelle forme normale ne respecte-t-elle pas?
- 2NF? 3NF? BCNF? Expliquez

DF

Cours					
N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NomProfesseur	Adresse
1	Algorithmique	L2SFA	25	Nivet	Corte
2	AlgorithmiqueAvancée	L2SFA	25	Paoli	SaintFlorent
4	Analyse	L1SFA	40	Paoli	SaintFlorent
5	Cryptographie	M2S2I	16	Simonnet	Corte
6	POO	L2SFA	25	Vittori	Ajaccio
7	Web Sémantique	M1S2I	22	Paoli	SaintFlorent
8	J2EE	M1S2I	22	Nivet	Corte
9	UML	L3Info	12	Vittori	Ajaccio

Retour sur l'exemple initial

- Il faut décomposer la table en appliquant le théorème de Casey-Delobel pour la mettre en **??NF**

DF

Cours1				
N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NomProfesseur
1	Algorithmique	L2SFA	25	Nivet
2	AlgorithmiqueAvancée	L2SFA	25	Paoli
4	Analyse	L1SFA	40	Paoli
5	Cryptographie	M2S2I	16	Simonnet
6	POO	L2SFA	25	Vittori
7	Web Sémantique	M1S2I	22	Paoli
8	J2EE	M1S2I	22	Nivet
9	UML	L3Info	12	Vittori

Professeur	
NomProfesseur	Adresse
Nivet	Corte
Paoli	SaintFlorent
Simonnet	Corte
Vittori	Ajaccio

La dépendance parasite a été remplacée par une liaison inter-table

- Les anomalies sont-elles résolues? Expliquez

Retour sur l'exemple initial (amélioration)

Cours1					
	N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NumProf
	1	Algorithmique	L2SFA	25	1
	2	AlgorithmiqueAvancée	L2SFA	25	2
	4	Analyse	L1SFA	40	2
	5	Cryptographie	M2S2I	16	3
	6	POO	L2SFA	25	4
	7	Web Sémantique	M1S2I	22	2
	8	J2EE	M1S2I	22	1
	9	UML	L3Info	12	4

Professeur		
NumProf	NomProfesseur	Adresse
1	Nivet	Corte
2	Paoli	SaintFlorent
3	Simonnet	Corte
4	Vittori	Ajaccio

Relations

```
classDiagram
    class Cours1 {
        N°UE
        Titre
        Filiere
        NombreEleve
        NumProf
    }
    class Professeur {
        NumProf
        NomProfesseur
        Adresse
    }
    Cours1 "0..infinity" -- "1" Professeur : NumProf
```

Le schéma n'est toujours pas normalisé, pourquoi?

Retour sur l'exemple initial

DF



N°UE	Titre	Filiere	NombreEleve	NumProf
1	Algorithmique	L2SFA	25	1
2	AlgorithmiqueAvancée	L2SFA	25	2
4	Analyse	L1SFA	40	2
5	Cryptographie	M2S2I	16	3
6	POO	L2SFA	25	4
7	Web Sémantique	M1S2I	22	2
8	J2EE	M1S2I	22	1
9	UML	L3Info	12	4

Cette relation est-elle en 3NF?

Ce qu'il faut retenir (résumé)

- Notion de dépendance fonctionnelle

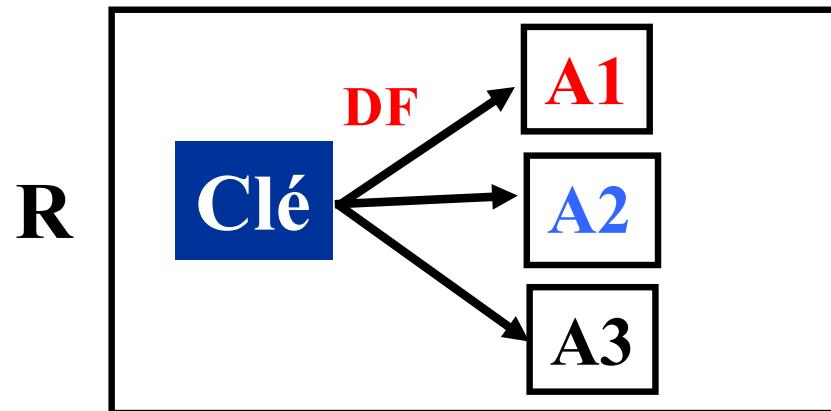
Soient t_1 et t_2 deux tuples de R ,

A et B des attributs ou ensembles d'attributs de R

Il existe une Dépendance Fonctionnelle de A vers B ssi

$$t_1[A]=t_2[A] \Rightarrow t_1[B]=t_2[B]$$

- DF « légales »

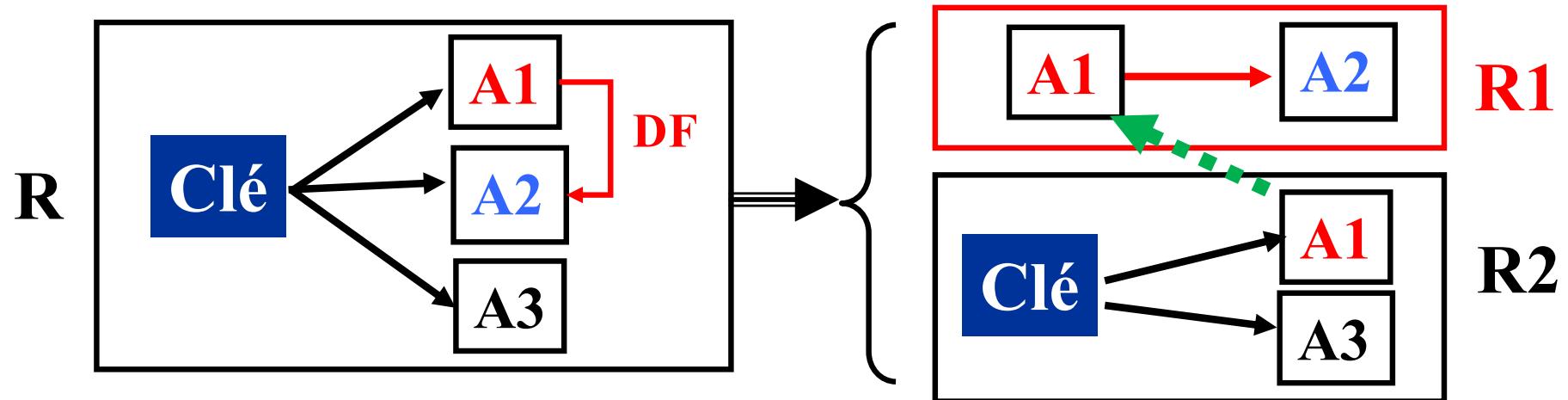


Processus de normalisation
Elimination des DF parasites

Ce qu'il faut retenir (résumé)

Principe de la décomposition

Théorème de Casey-Delobel



Décomposition Réversible

Reconstruction de la relation initiale
possible par Equijointure naturelle

Ce qu'il faut retenir (résumé)

- Mise sous forme 2NF

Elimination des DF d'une partie de la clé primaire vers un attribut non clé (*DF partielles sur la clé*)

Cas le plus fréquent

- Mise sous forme 3NF

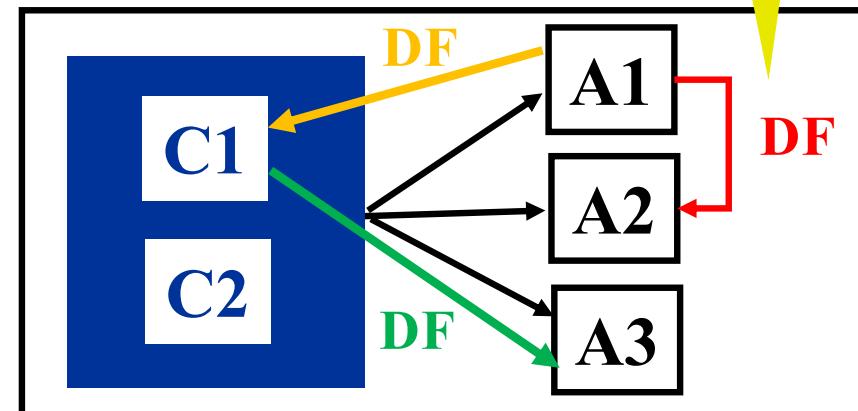
Elimination des DF entre attributs non clés

(DF transitives sur la clé)

- Mise sous forme BCNF

Forme Normale de Boyce & CODD

Elimination des DF d'un attribut non clé vers une partie de la clé primaire.



Processus de Normalisation (résumé)

Elimination des attributs multivalués
Mise en Première forme normale (1NF)



Résolution des anomalies de mise à jour

■ Elimination des Dépendances Fonctionnelles parasites

2NF-3NF-BCNF

■ Elimination des Dépendances multivaluées parasites

4NF – 5NF

Normalisation: conclusion

Résultat du processus de normalisation

- Elimination des anomalies de mise à jour

Inconvénients du processus?

- Augmentation du nombre de tables:
 - Vision peu naturelle des données
- En théorie, pénalisation de la performance car augmentation des jointures

MAIS il a été démontré que plus le nombre de tables ayant peu de colonnes est élevé, meilleures seront les performances des requêtes

Exercice 1/2 Normalisation



- Un club de lecture souhaite optimiser la gestion de ses livres, membres et séances de lecture. Lors d'une séance de lecture chaque participant propose la lecture d'un livre de la bibliothèque.
- Une table unique :

SeancesLecture (SeanceID, MembreID, LivreID, MembreNom,
MembreEmail, LivreTitre, Auteur, DateSeance, Genres)

SeanceID	MembreID	LivreID	MembreNom	MembreEmail	LivreTitre	Auteur	DateSeance	Genres
1	1001	2001	Alice Dupont	alice.dupont@mail.com	Les Misérables	Victor Hugo	01/04/2024	Roman, Historique, Classique
1	1002	2003	Bob Martin	bob.martin@mail.com	1984	George Orwell	01/04/2024	Science-fiction
2	1001	2002	Alice Dupont	alice.dupont@mail.com	Le Petit Prince	A. de Saint-Exupéry	15/04/2024	Conte, Philosophique
2	1003	2004	Clara Simon	clara.simon@mail.com	Dune	Frank Herbert	15/04/2024	Science-fiction, Aventure
3	1002	2003	Bob Martin	bob.martin@mail.com	1984	George Orwell	20/04/2024	Science-fiction
3	1004	2005	David Leblanc	david.leblanc@mail.com	Fahrenheit 451	Ray Bradbury	20/04/2024	Science-fiction, Dystopie
4	1005	2006	Emma Roy	emma.roy@mail.com	L'Étranger	Albert Camus	01/05/2024	Roman, Philosophique
4	1003	2004	Clara Simon	clara.simon@mail.com	Dune	Frank Herbert	01/05/2024	Science-fiction, Aventure
5	1001	2007	Alice Dupont	alice.dupont@mail.com	Harry Potter	J.K. Rowling	15/05/2024	Fantastique
5	1002	2003	Bob Martin	bob.martin@mail.com	1984	George Orwell	15/05/2024	Science-fiction
6	1004	2005	David Leblanc	david.leblanc@mail.com	Fahrenheit 451	Ray Bradbury	01/06/2024	Science-fiction, Dystopie
6	1006	2008	Fiona Blanche	fiona.blanche@mail.com	La Peste	Albert Camus	01/06/2024	Roman, Philosophique
7	1002	2003	Bob Martin	bob.martin@mail.com	1984	George Orwell	15/06/2024	Science-fiction
7	1005	2006	Emma Roy	emma.roy@mail.com	L'Étranger	Albert Camus	15/06/2024	Roman, Philosophique
8	1001	2001	Alice Dupont	alice.dupont@mail.com	Les Misérables	Victor Hugo	01/07/2024	Roman, Historique, Classique
8	1004	2005	David Leblanc	david.leblanc@mail.com	Fahrenheit 451	Ray Bradbury	01/07/2024	Science-fiction, Dystopie

Exercice 1/2 Normalisation



- Appliquez le processus de normalisation à la table SeanceLecture.
- Pour chacune des formes normales (1NF à BCNF) :
 - Vous identifierez si elle est respectée en justifiant votre diagnostic
 - Si la forme normale n'est pas respectée :
 - vous préciserez les problèmes identifiés en vous appuyant sur des exemples pertinents
 - vous proposerez une solution en détaillant votre démarche
 - vous expliquerez en quoi votre solution permet de résoudre les problèmes évoqués

Exercice 2/2 Normalisation



Une société de location de voitures possède une base de données qui présente des anomalies qui la rendent difficile à maintenir et à interroger efficacement.

Votre objectif est d'appliquer le processus de normalisation jusqu'à la **forme normale de Boyce-Codd (BCNF)** afin de rendre cette base de données plus robuste et d'éviter les anomalies de mises à jour.

- Récupérez sur l'ENT le script de création de la base **location.sql**
- Visualisez le schéma et les données de chacune des tables.
- Identifiez les anomalies de mise à jour potentielles et les dépendances fonctionnelles parasites à éliminer.
- Appliquez le processus de normalisation à ce schéma.
- Détaillez les étapes de votre démarche en donnant des exemples pour chaque anomalie identifiée
- Définissez le schéma final obtenu



Dénormalisation

Si les mises à jour sont peu probables
Il est parfois préférable de ne pas normaliser ou même de « dénormaliser »!!

Qu'est-ce que la Dénormalisation?

- Après avoir normalisé, il faut réfléchir et parfois « dénormaliser »
- **Dénormaliser** = s'autoriser à enfreindre les règles de la normalisation pour favoriser les performances
- Concrètement cela signifie « Accepter certaines redondances »:
 - Regrouper des tables en réalisant statiquement des opérations de jointure
 - Ajouter des colonnes (non clés et/ou clés étrangères)
 - créer des attributs dérivés dans les tables

Exemple de regroupement de tables

- Table Ligne Commande(NOCMD, NOPROD, QUANTITE)
- Table Commande (NUMCMD, NOCLIENT)

Pour dénormaliser:

Table COMMANDECOMPLET

(NUMCMD, NOPROD, NOCLIENT, QUANTITE)

Exemple de dénormalisation

Ajout d'un attribut dérivé

Un attribut dérivé ne devrait pas apparaître en tant qu'attribut dans une table car sa valeur est calculée à partir de la valeur d'autres attributs.

Dans certains cas, on peut choisir de créer un attribut pour stocker sa valeur :

- Formule de calcul complexe
 - *Ex: montant_remise dans une ligne de commande*
- Formule simple mais très fréquemment utilisée
 - *Ex: montant_total d'une commande*

Quelle est la forme normale que ne respecte pas une table comportant un attribut calculé?

Dénormalisation: bilan

■ Avantages:

- Requêtes plus simples à écrire
- Performances interrogation accrues

Profitable si :

✓ le nombre de mises à jour est limité

Et

✓ le nombre de requêtes d'interrogation est élevé

Dénormalisation: bilan

■ Inconvénients:

- Redondance, Mises à jour plus lourdes
- Danger d'incohérence
- Nécessité de programmer des triggers spécifiques pour assurer le maintien de l'intégrité



Choix dangereux à n'envisager que si les besoins en performances sont élevés et qu'aucune autre solution n'est applicable

Autres solutions: indexation, clusters, partitionnement, vues matérialisées

Exercice Dénormalisation

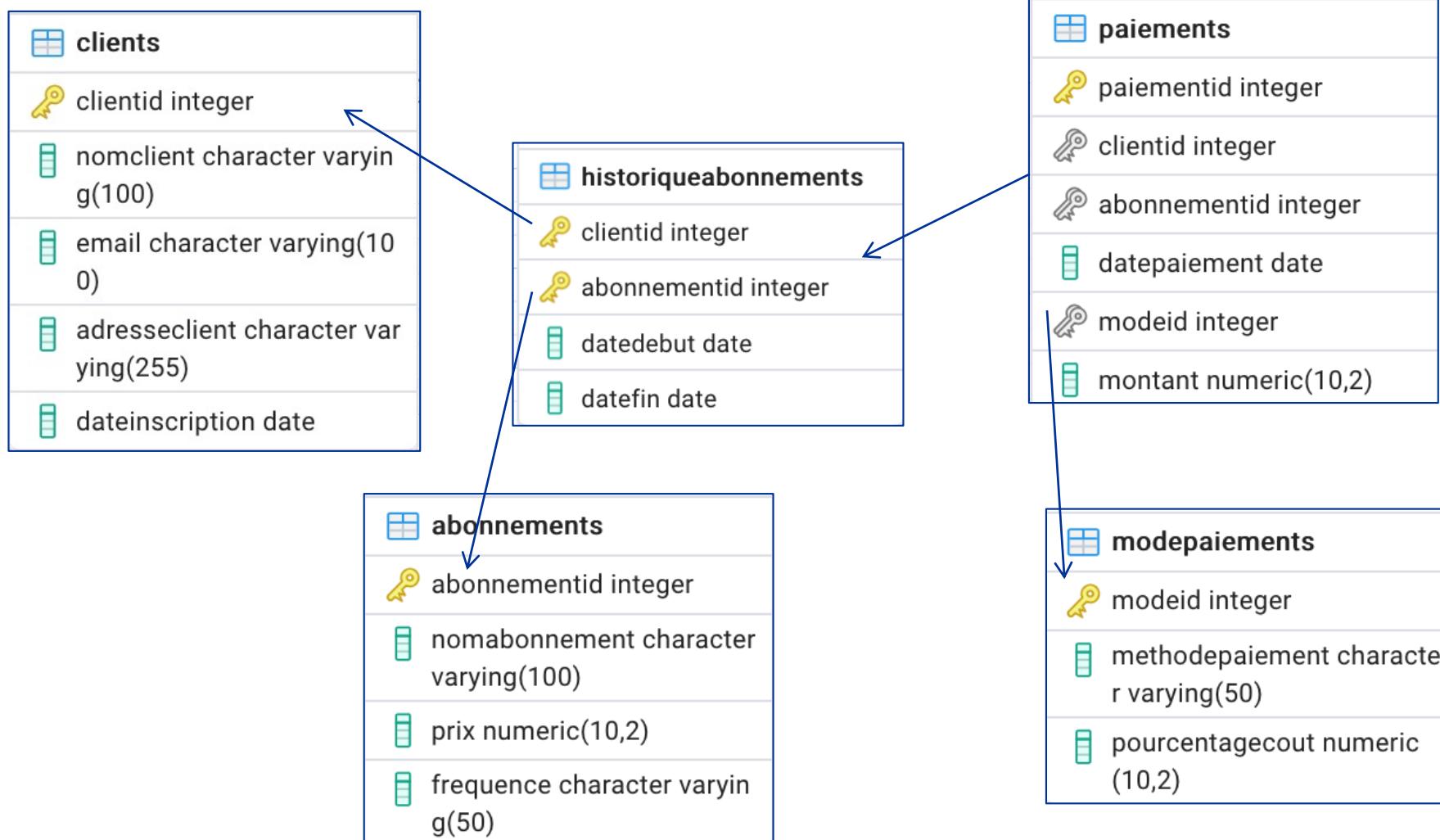


- Une entreprise de gestion d'abonnements en ligne souhaite améliorer les performances de certaines requêtes sans sacrifier la maintenabilité de sa base de données.
- Votre mission est de dénormaliser partiellement la base de données :
 - pour optimiser les requêtes analytiques
 - tout en gardant certaines parties normalisées pour éviter des problèmes liés aux mises à jour fréquentes.

Exercice Dénormalisation



- Récupérez sur l'ENT le script abonnements.sql



Exercice Dénormalisation



Question 1 – Dénormalisation Table Client

- Ecrivez la requête "Calcul du total des paiements pour chaque client"
- Proposez une dénormalisation de la table client pour optimiser cette requête
- Discuter des avantages et risques de cette solution
- Ecrivez les instructions SQL correspondantes (requêtes de modification du schéma) et réécrivez la requête dans le nouveau schéma

Exercice Dénormalisation



Question 2 – Dénormalisation Table Paiements

Analysez chacune des propositions suivantes (bénéfice attendu-risque potentiel) et décidez de leur pertinence (Oui/Non) :

- Ajouter une colonne MethodePaiement ?
- Ajouter les colonnes NomAbonnement et prix abonnement ?
- Ajouter les colonnes DateDebut et DateFin de l'abonnement?