



L1 Sciences, S2 Théorie relationnelle

Jean-François COUCHOT

Université de Franche-Comté, UFR-ST

Plan



Formalisation

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels



Formalisation

- Une histoire longue/courte
- Définitions sur les relations
- Relations et ensembles

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels



Formalisation

Une histoire longue/courte

Définitions sur les relations

Relations et ensembles

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels



Historique

- Proposée pour la première fois par Edgar Frank Codd, dans l'article *A relational Model of Data for Large Shared Data Banks*, CACM, Juin 1970
- Depuis, aucune modification révolutionnaire.

Fondements mathématiques

- Approche basée sur la *théorie des ensembles* avec des opérateurs d'union, d'intersection. . .



Formalisation

Une histoire longue/courte

Définitions sur les relations

Relations et ensembles

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Relation : définition et exemple



Définition des relations

- Relation R , sur les domaines D_1, D_2, \dots, D_N : constituée des 2 parties
 - l'en-tête : ensemble d'attributs. Un **attribut** \Leftrightarrow une colonne.
 - le corps : ensemble de t -uplets. Un **t -uplet** \Leftrightarrow une ligne.
- Une relation peut être assimilée à un tableau.

Exemple de relation

Nom attribut 1	Nom attribut 2	Nom attribut 3	...	Nom attribut N
		$v \in D_3$		

- **Attributs** en **bleu** et **t -uplets** en **rouge**.
- D_3 désigne le domaine de l'attribut 3.

Relation : caractéristiques



Domaines de valeurs

Domaine D : ensemble dans lequel des attributs puisent leurs valeurs.

Cardinalité d'une relation

Cardinalité d'une relation : son nombre de t -uplets (*i.e.*, nombre de lignes).

Degré d'une relation

Degré d'une relation : son nombre d'attributs (*i.e.*, nombre de colonnes).

Clé primaire

Clé primaire d'une relation : un groupe d'attributs dont la valeur permet d'identifier de manière unique un t -uplet (*i.e.*, une ligne) de la relation.

Un exemple de relation : ETUDIANT



Spécifications

- Proposition d'attributs pour la relation ETUDIANT :
 - Numero : entier positif, clé primaire
 - Nom : chaîne de caractères
 - Prenom : chaîne de caractères
 - DateNaissance : date
 - Login : chaîne de 8 caractères maxi
 - MotDePasse : chaînes de 8 caractères maxi
- Convention d'écriture : relation ETUDIANT(Numero*, Nom, Prenom, DateNaissance, Login, MotDePasse).

Un exemple de relation : ETUDIANT (suite)

Contenu

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- L'en-tête correspond à la ligne de titre,
- Degré de la relation ETUDIANT : 6
- Cardinalité de la relation ETUDIANT : 4
- Clé primaire : Numero



Formalisation

Une histoire longue/courte

Définitions sur les relations

Relations et ensembles

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Relation : définition ensembliste et conséquences

Définition d'une relation à l'aide d'un ensemble

Une relation R est un sous-ensemble de $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_N$.

Conséquences d'une telle définition

- Pas de duplication des t -uplets
- Pas d'ordonnement des t -uplets
- Pas d'ordonnement des attributs
- Atomicité des valeurs des attributs
- Pour un attribut donné, toutes les valeurs de cet attribut appartiennent au même domaine

Ensemble \rightsquigarrow pas de duplication des t -uplets

Duplication interdite dans un ensemble

- Une même valeur ne peut pas apparaître deux fois dans un ensemble.
- Chaque t -uplet est unique (discuter de ceci).
- \rightsquigarrow toute relation possède une clé.

Une relation ETUDIANT erronée

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- Ne respecte pas la propriété d'absence de duplication des t -uplets.

Ensemble \rightsquigarrow pas d'ordonnement des t -uplets

Pas d'ordre dans un ensemble

- Un ensemble : pas ordonné ($\{c, b, a\} = \{a, b, c\}$)
- \rightsquigarrow Il n'existe pas de 2^{ème} t -uplet, pas plus que de t -uplet suivant.

Deux représentations identiques de la relation ETUDIANT

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard

Ensemble \rightsquigarrow pas d'ordonnement des attributs

Pas d'ordre dans un ensemble

- En-tête d'une relation : ensemble d'attributs
- Comme pour les t -uplets, les attributs ne sont pas ordonnés.
- \rightsquigarrow les attributs référencés par un nom et pas par une position dans l'en-tête.

Deux représentations identiques de l'entête de la relation ETUDIANT

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
---------	-----	--------	---------------	-------	------------

==

Login	Prenom	MotDePasse	Numero*	Nom	DateNaissance
-------	--------	------------	---------	-----	---------------

Ensemble \rightsquigarrow atomicité des valeurs des attributs

Atomicité des valeurs des attributs

- Les domaines contiennent des valeurs atomiques ($D_i = \{v_{i1}, \dots, v_{ik}\}$).
- Dans une relation, à l'intersection d'une ligne et d'une colonne, il ne peut y avoir qu'une seule valeur.
- On parle de relation normalisée, en 1^{ère} forme normale.

Une relation ETUDIANT erronée

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998 30-05-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	mamolinski	mamolinski 1234

- Cette relation ne respecte pas la propriété d'atomicité des valeurs.

Ensemble \rightsquigarrow un domaine unique à un attribut

Domaines uniques

- Dans une relation, les valeurs possibles des attributs sont données par son domaine.
- Il n'est pas possible d'associer plusieurs domaines à un attribut (pas d'union de type).



Formalisation

Intégrité des données

- Notions préliminaires : clé, lien, NULL

- Les règles d'intégrité : unicité de la clé

- Les règles d'intégrité : contraintes de domaine

- Les règles d'intégrité : contraintes de références

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Intégrité des données : introduction



Contraintes d'intégrité

Ensemble de règles permettant au SGBD de **conserver automatiquement** la cohérence de la base de données.

Comment s'assurer de l'intégrité des données ?

- en vérifiant les données lors de leur chargement,
- en vérifiant les données lors de toute modification (saisie, mise à jour),
- en répercutant certaines mises à jour entre les tables,
- en gérant les références entre les tables.

Les règles d'intégrité que nous allons voir

- l'unicité de la clé ;
- les contraintes de domaines ;
- les contraintes de références ;
- la règle d'intégrité des entités.



Formalisation

Intégrité des données

Notions préliminaires : clé, lien, NULL

Les règles d'intégrité : unicité de la clé

Les règles d'intégrité : contraintes de domaine

Les règles d'intégrité : contraintes de références

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Les clés relationnelles



Une **clé** identifie un t-uplet. Nous allons voir les notions de :

- Super-clé ;
- Clé candidate ;
- Clé primaire ;
- Clé étrangère.



Définition d'une super-clé pour une relation R

Super-clé : un sous-ensemble de l'ensemble des attributs de R qui identifie de manière unique chaque t -uplet de R .

Propriété d'unicité de la super-clé

Il n'existe pas deux t -uplets distincts de R ayant la même valeur pour ce sous-ensemble d'attributs.

Exemple d'application

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- $(\text{Numero}^*, \text{Nom}, \text{Prenom})$ est une super-clé.
- $(\text{Nom}, \text{Prenom})$ n'est pas une super-clé.

Clé candidate



Définition d'une clé candidate pour une relation R

Une super-clé qui possède la propriété d'être *irréductible*.

Irréductibilité d'une clé candidate composée d'un ensemble d'attributs K

Irréductible : si aucun sous-ensemble strict de K n'est une super-clé.

Exemple d'application

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- Numéro* est une clé candidate
- (Numéro*,Nom) n'est pas une clé candidate



Définition d'une clé primaire d'une relation R

Clé primaire : clé choisie arbitrairement parmi les clés candidates.

Exemple avec la relation ETUDIANT (Numero, Nom, Prenom, DateNaissance, Login, MotDePasse)

- (Numero, Nom) : super-clé
- Numero unique et irréductible \rightsquigarrow Numero : clé candidate
- Login également unique \rightsquigarrow une clé candidate
- Clé primaire au choix : soit Numéro, soit Login

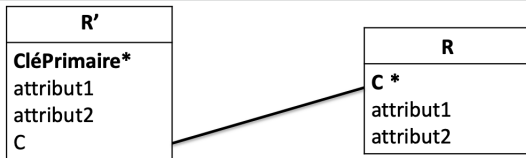
Clés étrangères



Définition d'une clé étrangère d'une relation R'

- Sous ensemble C d'attributs de R' qui est clé primaire dans une relation R (éventuellement avec un autre nom).
- Les valeurs de C dans R' existent aussi dans R .

Clé étrangère représentée par un lien



Types de lien

Différents types de lien existent selon que le nombre de fois où la valeur de la clé candidate peut apparaître en tant que clé étrangère dans la relation cible.

- 1..N** : une valeur de la clé primaire peut apparaître **un nombre indéterminé de fois** (potentiellement nul) en tant que clé étrangère.
- 1..1** : une valeur de la clé primaire apparaît au plus 1 fois en tant que clé étrangère.
- N..N** : n'existent pas !

Explication d'un lien

- Un lien : toujours défini d'une **clé primaire** vers une **clé étrangère**.
- Interprétation : *“Dans une relation, j'ai une valeur (clé primaire). Elle peut être référencée dans une autre relation (clé étrangère).”*

Comment définir un lien ?



Démarche

1. Repérer les liens potentiels : une clé primaire pourrait-elle apparaître comme une clé étrangère dans une autre relation ?
2. Définir le type du lien : Le type de la relation dépend du nombre d'apparition d'une même valeur des attributs représentant la clé étrangère :
 - Plusieurs occurrences possibles : lien de type 1..N
 - Une seule occurrence possible : lien de type 1..1

ETUDIANT
NumeroEtudiant
NomEtudiant
PrenomEtudiant
DateNaissanceEtudiant
LoginEtudiant
MotDePasseEtudiant

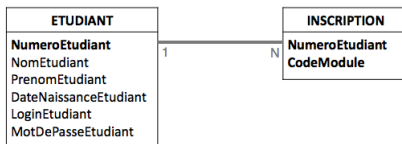
INSCRIPTION
NumeroEtudiant
CodeModule

Comment définir un lien ?



Démarche

1. Repérer les liens potentiels : une clé primaire pourrait-elle apparaître comme une clé étrangère dans une autre relation ?
2. Définir le type du lien : Le type de la relation dépend du nombre d'apparition d'une même valeur des attributs représentant la clé étrangère :
 - Plusieurs occurrences possibles : lien de type 1..N
 - Une seule occurrence possible : lien de type 1..1



Qu'est-ce que c'est ?

- Valeur conventionnelle lorsque la valeur est inconnue, non spécifiée. . .
- \rightsquigarrow NULL représente l'absence de valeur

La valeur NULL chez les attributs

- Cette valeur s'autorise ou s'interdit au moment de la conception.
- \rightsquigarrow Lors d'un ajout ou d'une mise à jour d'un t -uplet, si l'utilisateur ne précise pas une valeur pour un attribut :
 - attribut avec NULL autorisé : le SGBD lui affecte la valeur NULL,
 - attribut avec NULL non autorisé : le SGBD rejette le t -uplet

La valeur NULL : exemple



Exemple avec la relation ETUDIANT

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- Supposons que NULL soit autorisé pour l'attribut *DateNaissanceEtudiant*
 - ajout du *t*-uplet (32823, Marche, Claire, NULL, cmarche, cmarche) possible.
- Supposons que NULL soit interdit pour l'attribut *MotDePasseEtudiant*.
 - ajout du *t*-uplet (32823, Marche, Claire, 30-07-1999, cmarche, NULL) impossible.



Formalisation

Intégrité des données

Notions préliminaires : clé, lien, NULL

Les règles d'intégrité : unicité de la clé

Les règles d'intégrité : contraintes de domaine

Les règles d'intégrité : contraintes de références

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

L'unicité de la clé



Règle de l'unicité de la clé

Dans une base de données, toutes les relations doivent posséder une clé unique, appelée **clé primaire**.

Exemple : Unicité de la clé et contrôle

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- Ajout du t -uplet (23794, Marche, Claire, 30-07-1999, cmarche, cmarche) : impossible, car sinon, duplication de la valeur 23794 dans la clé primaire Numero.



Formalisation

Intégrité des données

Notions préliminaires : clé, lien, NULL

Les règles d'intégrité : unicité de la clé

Les règles d'intégrité : contraintes de domaine

Les règles d'intégrité : contraintes de références

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Contrainte de domaine



Règle de contrainte de domaine

- Chaque attribut d'une relation : à valeur dans un domaine D .
- Domaines : sont des types de base (entiers, réels, chaînes de caractères, dates. . .) ou d'autres.
- \rightsquigarrow il s'agit de vérifier que la valeur est correctement **typée** lors d'un ajout ou d'une mise à jour de cet attribut.

Illustration des contraintes de domaines

Domaine de l'attribut *DateNaissance* : donné par le type DATE.



Formalisation

Intégrité des données

Notions préliminaires : clé, lien, NULL

Les règles d'intégrité : unicité de la clé

Les règles d'intégrité : contraintes de domaine

Les règles d'intégrité : contraintes de références

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Contraintes de références



Motivations

- Une BD ne doit pas contenir de valeurs de clés étrangères non unifiables.
- \Leftrightarrow Si une clé étrangère prend une valeur, ce doit être une valeur qui existe dans la relation référencée par le lien.
- on parle d'*intégrité référentielle*.

Exemple avec ETUDIANT et INSCRIPTION

On considère la relation `INSCRIPTION(NumeroEtudiant*, CodeModule*)` :

- Attribut *NumeroEtudiant* : fait référence à *ETUDIANT.NumeroEtudiant*.
- Attribut *CodeModule* : fait référence à *MODULE.CodeModule*.
- *t-uplet (23794, BD_L1)* : l'étudiant 23794 est inscrit en BD_L1.
- Valeur de l'attribut *INSCRIPTION.NumeroEtudiant* : ne peut être qu'une valeur apparaissant dans la relation *ETUDIANT*, pour l'attribut *NumeroEtudiant*.
- Décrire l'inscription d'un étudiant qui n'existe : serait incohérent



Liens entre relation : intuition

- A chaque MAJ : le SGBD contrôle si la MAJ (ajout, suppr., modification) engendre une valeur qui existe dans la relation référencée.
- C'est un contrôle immédiat qui empêche la MAJ en cas d'absence de valeur unifiable.
- Différentes politique de MAJ. . .

Intégrité référentielle : politique RESTRICTED

Intuition

- S'il n'existe aucune référence à la valeur dans l'autre relation en lien avec la relation initiale : MAJ interdite.

Exemple

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

NumeroEtudiant*	CodeModule*
23794	BD_L1
23794	PROG_L1
32911	BD_L1

- Lien entre ETUDIANT et INSCRIPTION : politique RESTRICTED
- Suppression souhaitée du t -uplet correspondant à l'étudiant 23794.
 - Présence d'enregistrements dans INSCRIPTION référençant l'étudiant 23794 \rightsquigarrow suppression impossible
- Suppression souhaitée du t -uplet correspondant à l'étudiant 33818
 - Absence d'enregistrements dans INSCRIPTION référençant l'étudiant 33818. \rightsquigarrow suppression possible

Intégrité référentielle : politique CASCADE

Intuition

L'opération de MAJ est réalisée en "cascade" dans les autres relations, c'est-à-dire qu'elle est propagée.

Exemple

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

NumeroEtudiant*	CodeModule*
23794	BD_L1
23794	PROG_L1
32911	BD_L1

- Lien entre ETUDIANT et INSCRIPTION : politique CASCADE
- On veut supprimer le t -uplet correspondant à l'étudiant numéro 23794.
 - Suppression possible, même s'il existe des enregistrements dans INSCRIPTION référençant cet étudiant \rightsquigarrow ces enregistrements seront également supprimés.
- On veut supprimer l'inscription de l'étudiant numéro 32911
 - Suppression possible : aucune contrainte! (32911,BD_L1) n'est pas une valeur de clef étrangère!

Intégrité référentielle : politique CASCADE

Intuition

L'opération de MAJ est réalisée en "cascade" dans les autres relations, c'est-à-dire qu'elle est propagée.

Exemple

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

NumeroEtudiant*	CodeModule*
32911	BD_L1

- Lien entre ETUDIANT et INSCRIPTION : politique CASCADE
- On veut supprimer le t -uplet correspondant à l'étudiant numéro 23794.
 - Suppression possible, même s'il existe des enregistrements dans INSCRIPTION référençant cet étudiant \rightsquigarrow ces enregistrements seront également supprimés.
- On veut supprimer l'inscription de l'étudiant numéro 32911
 - Suppression possible : aucune contrainte ! (32911,BD_L1) n'est pas une valeur de clef étrangère !

Plan



Formalisation

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Un exemple



Considérons l'ensemble de relations suivant :

- ETUDIANT(NumeroEtudiant*, NomEtudiant, PrenomEtudiant, DateNaissanceEtudiant, LoginEtudiant, MotDePasseEtudiant)
- INSCRIPTION(NumeroEtudiant*, CodeModule*, Annee*, NoteSession1, NoteSession2)
- MODULE(CodeModule*, LibelleModule, VolumeCM, VolumeTD, VolumeTP, Responsable)
- ENSEIGNANT(NumeroHarpege*, NomEnseignant, PrenomEnseignant, Grade)

qui représente une version simplifiée des inscriptions d'étudiants à des modules de l'université.



Détaillons chacune des relations.

La relation ETUDIANT

Les attributs de la relation ETUDIANT sont les suivants :

- NumeroEtudiant* : entier positif
- NomEtudiant : chaîne de caractères
- PrenomEtudiant : chaîne de caractères
- DateNaissanceEtudiant : date
- LoginEtudiant : chaîne de 8 caractères maxi
- MotDePasseEtudiant : chaînes de 8 caractères maxi

Remarque : LoginEtudiant est clé candidate de la relation.



Détaillons chacune des relations.

La relation INSCRIPTION

Les attributs de la relation INSCRIPTION sont les suivants :

- NumeroEtudiant* : entier positif
- CodeModule* : chaîne de 8 caractères maxi
- Annee* : entier positif sur 4 chiffres
- NoteSession1 : réel entre 0 et 20
- NoteSession2 : réel entre 0 et 20, NULL autorisé.



Détaillons chacune des relations.

La relation MODULE

Les attributs de la relation MODULE sont les suivants :

- CodeModule* : chaîne de 8 caractères maxi
- LibelleModule : chaîne de caractères
- VolumeCM : entier positif ou nul
- VolumeTD : entier positif ou nul
- VolumeTP : entier positif ou nul
- Responsable : entier positif



Détaillons chacune des relations.

La relation ENSEIGNANT

Les attributs de la relation ENSEIGNANT sont les suivants :

- NumeroHarpege* : entier positif à 5 chiffres
- NomEnseignant : chaîne de caractères
- PrenomEnseignant : chaîne de caractères
- Grade : "MCF", "PR", "PRAG", "Vacataire", "Doctorant"

Un exemple



Essayons de trouver les liens.

ETUDIANT
NumeroEtudiant
NomEtudiant
PrenomEtudiant
DateNaissanceEtudiant
LoginEtudiant
MotDePasseEtudiant

INSCRIPTION
NumeroEtudiant
CodeModule
Annee
NoteSession1
NoteSession2

MODULE
CodeModule
LibelleModule
VolumeCM
VolumeTD
VolumeTP
Responsable

ENSEIGNANT
NumeroHarpege
NomEnseignant
PrenomEnseignant
Grade

Méthodologie :

1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



Essays de trouver les liens.

ETUDIANT
NumeroEtudiant
NomEtudiant
PrenomEtudiant
DateNaissanceEtudiant
LoginEtudiant
MotDePasseEtudiant

INSCRIPTION
NumeroEtudiant
CodeModule
Annee
NoteSession1
NoteSession2

MODULE
CodeModule
LibelleModule
VolumeCM
VolumeTD
VolumeTP
Responsable

ENSEIGNANT
NumeroHarpege
NomEnseignant
PrenomEnseignant
Grade

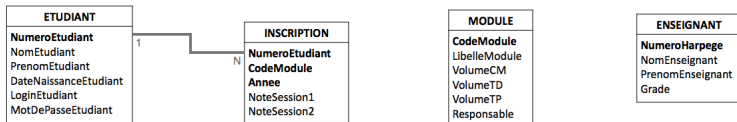
Méthodologie :

1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



Essayons de trouver les liens.



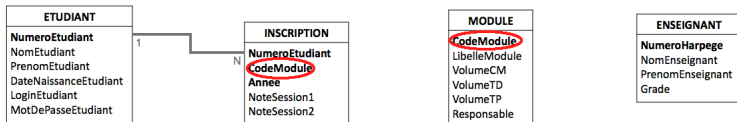
Méthodologie :

1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



Essayons de trouver les liens.



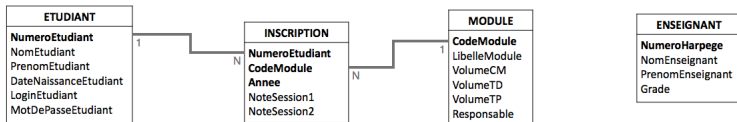
Méthodologie :

1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



Essayons de trouver les liens.



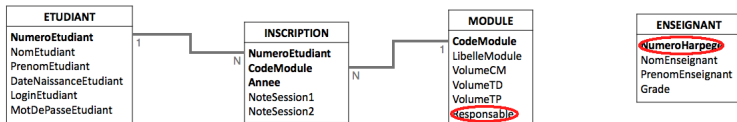
Méthodologie :

1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



Essayons de trouver les liens.



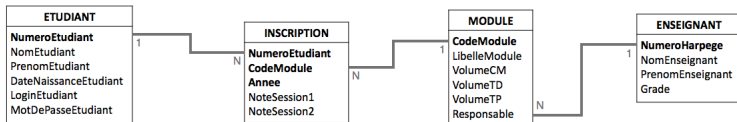
Méthodologie :

1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



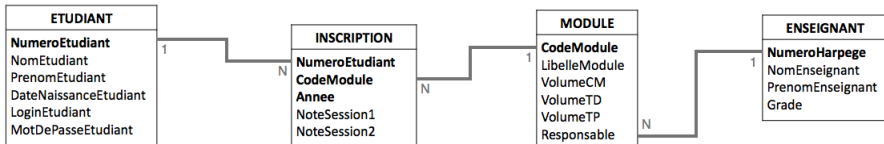
Essayons de trouver les liens.



Méthodologie :

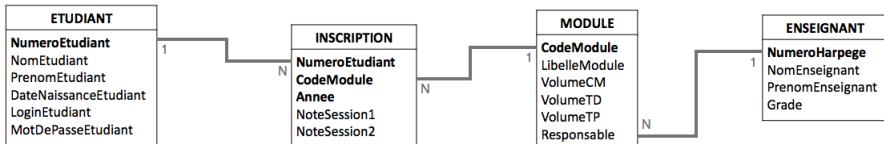
1. repérer les attributs compatibles (domaine + sémantique)
2. définir le sens et le type du lien (1..N ou 1..1)

Un exemple



Un étudiant peut-il être inscrit plusieurs fois à un même module ?

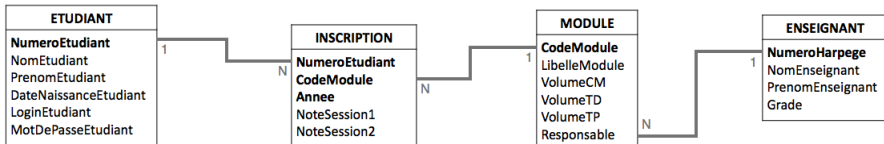
Un exemple



Un étudiant peut-il être inscrit plusieurs fois à un même module ?

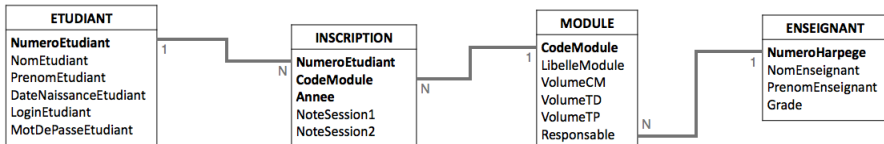
- ⇒ Oui, mais pas la même année : la clé primaire de la relation INSCRIPTION est composée des 3 attributs (NumeroEtudiant, CodeModule, Annee) on peut donc avoir plusieurs fois le même couple de valeurs pour (NumeroEtudiant, CodeModule), mais pour des valeurs différentes d'Annee.

Un exemple



Un enseignant peut-il être responsable de plusieurs modules ?

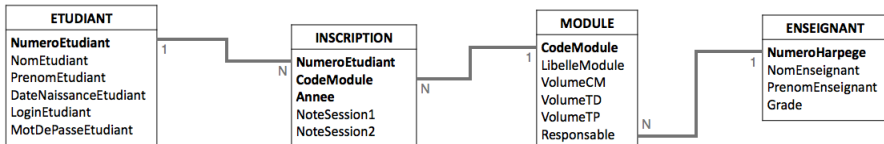
Un exemple



Un enseignant peut-il être responsable de plusieurs modules ?

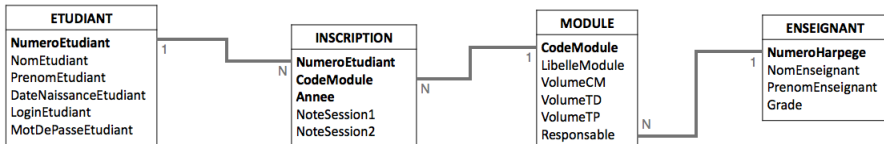
⇒ Oui, par définition du lien 1..N entre ENSEIGNANT et MODULE.

Un exemple



Plusieurs enseignants peuvent-ils être responsable d'un même module ?

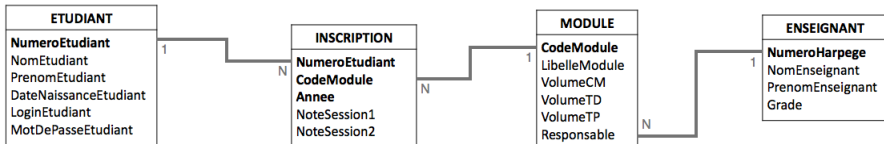
Un exemple



Plusieurs enseignants peuvent-ils être responsable d'un même module ?

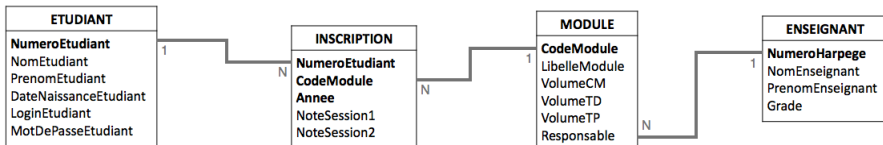
⇒ Non, car pour une valeur de CodeModule, identifiant un module, on a qu'une seule valeur de Responsable.

Un exemple



Supposons une politique de suppression RESTRICTED sur le lien entre MODULE et ENSEIGNANT. Que se passe-t-il si on supprime un enseignant ?

Un exemple



Supposons une politique de suppression RESTRICTED sur le lien entre MODULE et ENSEIGNANT. Que se passe-t-il si on supprime un enseignant ?

- ⇒ S'il est référencé comme Responsable dans la relation MODULE, alors cette suppression sera interdite.
- ⇒ S'il n'est pas référencé comme Responsable dans la relation MODULE, alors cette suppression sera possible.



Formalisation

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

- Opérateurs ensemblistes classiques

- Opérateurs relationnels spécifiques

- Opérateurs relationnels dérivés



Les trois catégories d'opérateurs relationnels

- les opérateurs ensemblistes classiques : union, intersection, différence, produit cartésien.
- les opérateurs relationnels spécifiques : sélection, projection, jointure.
- les opérateurs dérivés : division



Formalisation

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Opérateurs ensemblistes classiques

Opérateurs relationnels spécifiques

Opérateurs relationnels dérivés

L'union



Union ensembliste : définition pour deux ensembles S et T

$$S \cup T = \{x \mid x \in S \text{ ou (non exclusif) } x \in T\}$$

Exemple avec $S = \{15, 16, 4, 8, 23\}$ et $T = \{4, 42, 15, 23\}$

$$S \cup T = \{4, 23, 8, 42, 16, 15\}$$

Union de deux relations R_1 et R_2

L'**union** $R_1 \text{ union } R_2$ (ou $R_1 \cup R_2$) : une nouvelle relation dans laquelle apparaissent les t -uplets appartenant au moins à R_1 ou R_2 .

Exemple d'union de relations

ETUDIANTSINFO

Numero*	Nom
23794	Avenia
32911	Gigant
33818	Maillard
34812	Smolinski

ETUDIANTSPASINFO

Numero*	Nom
32936	Perriot
33061	Chatelier
35684	Souvigines

ETUDIANTSINFO union
ETUDIANTSPASINFO

Numero*	Nom
23794	Avenia
32911	Gigant
32936	Perriot
33061	Chatelier
33818	Maillard
34812	Smolinski
35684	Souvigines

L'intersection



Intersection ensembliste : définition pour deux ensembles S et T

$$S \cap T = \{x \mid x \in S \text{ et } x \in T\}$$

Exemple avec $S = \{15, 16, 4, 8, 23\}$ et $T = \{4, 42, 15, 23\}$

$$S \cap T = \{4, 23, 15\}$$

Intersection entre deux relations R_1 et R_2

L'**intersection** $R_1 \text{ inter } R_2$ (ou $R_1 \cap R_2$) : une nouvelle relation dans laquelle apparaissent les t -uplets appartenant à la fois à R_1 et à R_2 .

Exemple d'intersection entre des relations

ETUDIANTSGRB

Numero*	Nom
23794	Avenia
32911	Gigant
32936	Perriot
33061	Chatelier
33818	Maillard
34812	Smolinski
35684	Souvignes

ETUDIANTSINFO

Numero*	Nom
23485	Cabodi
24871	Riblet
23794	Avenia
32911	Gigant
33818	Maillard
34812	Smolinski

ETUDIANTSINFO inter
ETUDIANTSGRB

Numero*	Nom
23794	Avenia
32911	Gigant
33818	Maillard
34812	Smolinski

La différence



Différence ensembliste : définition pour deux ensembles S et T

$$S \setminus T = \{x \mid x \in S \text{ mais } x \notin T\}$$

Exemple avec $S = \{15, 16, 4, 8, 23\}$ et $T = \{4, 42, 15, 23\}$

$$S \setminus T = \{16, 8\}$$

Différence entre R_1 et R_2

La **différence** R_1 minus R_2 (ou $R_1 \setminus R_2$) : une nouvelle relation dans laquelle apparaissent les t -uplets appartenant à R_1 mais pas à R_2 .

Exemple de différence entre des relations

ETUDIANTSGRB

Numero*	Nom
23794	Avenia
32911	Gigant
32936	Perriot
33061	Chatelier
33818	Maillard
34812	Smolinski
35684	Souvignes

ETUDIANTSINFO

Numero*	Nom
23485	Cabodi
24871	Riblet
23794	Avenia
32911	Gigant
33818	Maillard
34812	Smolinski

ETUDIANTSGRB minus
ETUDIANTSINFO

Numero*	Nom
32936	Perriot
33061	Chatelier
35684	Souvignes

Remarque sur union, inter et minus



Attention !

- Ces trois opérateurs ne s'appliquent qu'entre des relations qui possèdent les mêmes attributs.
- Autrement, elles n'ont pas de sens.

Le produit cartésien ensembliste



Produit cartésien : définition pour deux ensembles S et T

$$S \times T = \{(x, y) \mid x \in S \text{ et } y \in T\}$$

Exemple avec $S = \{x, y, z\}$ et $T = \{1, 2, 3, 4\}$

$$S \times T = \{(x, 1), (x, 2), (x, 3), (x, 4), (y, 1), (y, 2), (y, 3), (y, 4), (z, 1), (z, 2), (z, 3), (z, 4)\}$$

Cardinalité d'un produit cartésien entre deux ensembles S et T

La cardinalité (nombre d'éléments) du produit cartésien est égale au produit des cardinalités de S et de T .

Exemple avec $S = \{x, y, z\}$ et $T = \{1, 2, 3, 4\}$

$$\text{card}(S \times T) = 12 = \text{card}(S) \times \text{card}(T) = 3 \times 4 = 12$$

Produit cartésien



Produit cartésien de la relation R_1 par R_2

- Le **produit cartésien** $R_1 \text{pcart} R_2$ (ou $R_1 \times R_2$) : une nouvelle relation dans laquelle apparaissent tous les t -uplets de R_1 auxquels sont associés tous les t -uplets de R_2 .
- Degré de $R_1 \text{pcart} R_2$: degré de R_1 + degré de R_2 .

Exemple de produit cartésien

ETUDIANTS1

Numero*	Nom
23794	Avenia
32911	Gigant
34812	Smolinski

MODULES1

CodeModule*
BD_L1
PROG_L1

ETUDIANTS1 \times MODULES1

Numero*	Nom	CodeModule*
23794	Avenia	BD_L1
23794	Avenia	PROG_L1
32911	Gigant	BD_L1
32911	Gigant	PROG_L1
34812	Smolinski	BD_L1
34812	Smolinski	PROG_L1



Formalisation

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Opérateurs ensemblistes classiques

Opérateurs relationnels spécifiques

Opérateurs relationnels dérivés

La sélection : définition et propriétés



Sélection : définition pour une relation R et une condition C

La **sélection** $S(C)R$: nouvelle relation dans laquelle apparaissent les t -uplets appartenant R vérifiant une condition donnée C .

Propriétés de la sélection $S(C)R$:

- Mêmes attributs que ceux de la relation R .
- Cardinalité inférieure ou égale à celle de R : seuls les t -uplets satisfaisant le critère de sélection appartiennent à $S(C)R$.

Syntaxe du critère de sélection C

Condition atomique : $\langle \text{Attribut} \rangle \langle \text{Opérateur} \rangle \langle \text{Valeur} \rangle$

- Attribut : un parmi ceux de la relation R .
- Opérateur de comparaison : =, <>, <, <=, >, >=.
- Valeur : parmi le domaine de l'attribut considéré.
- Conditions atomiques : peuvent se connecter à l'aide des opérateurs logiques classiques &&, || et ~.

La sélection : exemple



Sélectionner les étudiants nés avant le 30-06-1998

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- $ETUDIANTS_PR = S(DateNaissance < 30-06-1998)ETUDIANT$

La sélection : exemple



Sélectionner les étudiants nés avant le 30-06-1998

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- $ETUDIANTS_PR = S(DateNaissance < 30-06-1998)ETUDIANT$

La sélection : exemple



Sélectionner les étudiants nés avant le 30-06-1998

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard

- $ETUDIANTS_PR = S(DateNaissance < 30-06-1998)ETUDIANT$

La projection : définition et propriétés



Projection : définition pour une rel^o R et un ensemble d'attr. $\{Att_1, \dots, Att_k\}$

La **projection** $[Att_1, \dots, Att_k]R$: relation nouvelle dans laquelle apparaissent tous les t -uplets de R mais où seuls les attributs de $\{Att_1, \dots, Att_k\}$ sont conservés.

Propriétés de la projection $[Att_1, \dots, Att_k]R$

- Degré de $[Att_1, \dots, Att_k]R$: est inférieur ou égal au degré de R .
- Cardinalité de $[Att_1, \dots, Att_k]R$: inférieure ou égale à $card(R)$. Les enregistrements restreints à $\{Att_1, \dots, Att_k\}$ pouvant apparaître 2^x .

La projection : exemple



Sélectionner noms et prénoms des étudiants

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
32827	Signoret	Adrien	24-03-1998	asignoret	asignoret
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- ETUDIANTSNP = [Nom, Prenom] ETUDIANTS

Sélectionner les prénoms des étudiants

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
32827	Signoret	Adrien	24-03-1998	asignoret	asignoret
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- ETUDIANTSNP = [Prenom] ETUDIANTS

La projection : exemple



Sélectionner noms et prénoms des étudiants

Nom	Prenom
Avenia	Adrien
Gigant	Simon
Maillard	Cynthia
Signoret	Adrien
Smolinski	Marie

- ETUDIANTSNP = [Nom, Prenom] ETUDIANTS

Sélectionner les prénoms des étudiants

Numero*	Nom	Prenom	DateNaissance	Login	MotDePasse
23794	Avenia	Adrien	18-08-1998	aavenia	aavenia
32911	Gigant	Simon	26-02-1998	sgigant	sgigant
33818	Maillard	Cynthia	06-05-1998	cmaillard	cmaillard
32827	Signoret	Adrien	24-03-1998	asignoret	asignoret
34812	Smolinski	Marie	21-11-1998	msmolinski	msmolinski

- ETUDIANTSNP = [Prenom] ETUDIANTS

La projection : exemple



Sélectionner noms et prénoms des étudiants

Nom	Prenom
Avenia	Adrien
Gigant	Simon
Maillard	Cynthia
Signoret	Adrien
Smolinski	Marie

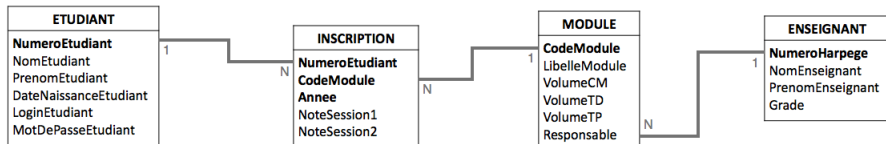
- $ETUDIANTSNP = [Nom, Prenom] ETUDIANTS$

Sélectionner les prénoms des étudiants

Prenom
Adrien
Simon
Cynthia
Marie

- $ETUDIANTSNP = [Prenom] ETUDIANTS$

A vous de jouer



Donnez les requêtes permettant de calculer, sur notre exemple :

- Le libellé des modules qui ont plus de 18h de CM.
- Le nom et prénom des étudiants nés avant 1998.
- Le numéro des étudiants ayant validé leurs modules en session 1 en 2017.
- Les nom et prénom des enseignants ayant le grade “MCF”.
- Le numéro des étudiants inscrits en BD_L1, mais qui ne l'ont jamais validé.

La jointure : définition et propriétés



Jointure : définition pour 2 relations R_1 et R_2 et une condition C

Jointure $R_1[C]R_2$: nouvelle relation incluse dans $R_1 \times R_2$ dont les t -uplets vérifient la condition C .

$$R_1[C]R_2 = S(C)(R_1 \times R_2)$$

Exemple : modules avec le nom et le prénom de leur responsable

MOD1

CodeModule*	LibelleModule	Responsable
BD_L1	Bases de données	7914
PROG_L1	Programmation	7358
TEST_L3	Test de logiciels	7914

ENS1

NoHarpege*	Nom	Prenom
7358	Janey	Nicolas
7914	Dadeau	Frédéric
32598	Paquette	Guillaume

- $MOD1[MOD1.Responsable = ENS1.NoHarpege]ENS1$

La jointure : définition et propriétés



Jointure : définition pour 2 relations R_1 et R_2 et une condition C

Jointure $R_1[C]R_2$: nouvelle relation incluse dans $R_1 \times R_2$ dont les t -uplets vérifient la condition C .

$$R_1[C]R_2 = S(C)(R_1 \times R_2)$$

Exemple : modules avec le nom et le prénom de leur responsable

MOD1		
CodeModule*	LibelleModule	Responsable
BD_L1	Bases de données	7914
PROG_L1	Programmation	7358
TEST_L3	Test de logiciels	7914

ENS1		
NoHarpege*	Nom	Prenom
7358	Janey	Nicolas
7914	Dadeau	Frédéric
32598	Paquette	Guillaume

- $MOD1[MOD1.Responsable = ENS1.NoHarpege]ENS1$

La jointure : définition et propriétés



Jointure : définition pour 2 relations R_1 et R_2 et une condition C

Jointure $R_1[C]R_2$: nouvelle relation incluse dans $R_1 \times R_2$ dont les t -uplets vérifient la condition C .

$$R_1[C]R_2 = S(C)(R_1 \times R_2)$$

Exemple : modules avec le nom et le prénom de leur responsable

MOD1		
CodeModule*	LibelleModule	Responsable
BD_L1	Bases de données	7914
PROG_L1	Programmation	7358
TEST_L3	Test de logiciels	7914

ENS1		
NoHarpege*	Nom	Prenom
7358	Janey	Nicolas
7914	Dadeau	Frédéric
32598	Paquette	Guillaume

- $MOD1[MOD1.Responsable = ENS1.NoHarpege]ENS1$

CodeModule*	LibelleModule	Responsable	NoHarpege*	Nom	Prenom
BD_L1	Base de données	7914	7914	Dadeau	Frédéric
PROG_L1	Programmation	7358	7358	Janey	Nicolas
TEST_L3	Test de logiciels	7914	7914	Dadeau	Frédéric

La jointure naturelle : un cas particulier



Jointure naturelle : définition pour R_1 , R_2 et Att un attribut commun

$$R_1[Att]R_2 = R_1[R_1.Att = R_2.Att]R_2$$

La relation $R_1[Att]R_2$ ne conserve qu'une seule des deux colonnes communes.

Exemple : étudiants inscrits dans des modules

ETU1		
Numero*	Nom	Prenom
23794	Avenia	Adrien
32911	Gigant	Simon
33818	Maillard	Cynthia
34812	Smolinski	Marie

MOD1	
Numero*	CodeModule*
23794	BD_L1
23794	PROG_L1
32911	BD_L1

- ETU1 [Numero] MOD1

La jointure naturelle : un cas particulier



Jointure naturelle : définition pour R_1 , R_2 et Att un attribut commun

$$R_1[Att]R_2 = R_1[R_1.Att = R_2.Att]R_2$$

La relation $R_1[Att]R_2$ ne conserve qu'une seule des deux colonnes communes.

Exemple : étudiants inscrits dans des modules

ETU1		
Numero*	Nom	Prenom
23794	Avenia	Adrien
32911	Gigant	Simon
33818	Maillard	Cynthia
34812	Smolinski	Marie

MOD1	
Numero*	CodeModule*
23794	BD_L1
23794	PROG_L1
32911	BD_L1

- ETU1 [Numero] MOD1

La jointure naturelle : un cas particulier



Jointure naturelle : définition pour R_1 , R_2 et Att un attribut commun

$$R_1[Att]R_2 = R_1[R_1.Att = R_2.Att]R_2$$

La relation $R_1[Att]R_2$ ne conserve qu'une seule des deux colonnes communes.

Exemple : étudiants inscrits dans des modules

ETU1		
Numero*	Nom	Prenom
23794	Avenia	Adrien
32911	Gigant	Simon
33818	Maillard	Cynthia
34812	Smolinski	Marie

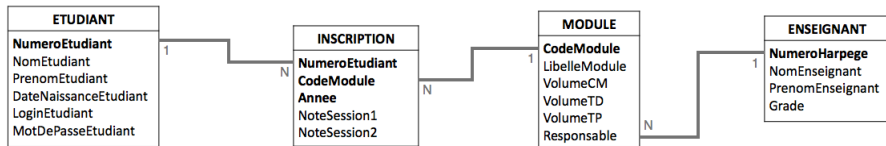
MOD1	
Numero*	CodeModule*
23794	BD_L1
23794	PROG_L1
32911	BD_L1

- ETU1 [Numero] MOD1

Numero*	Nom	Prenom	CodeModule*
23794	Avenia	Adrien	BD_L1
23794	Avenia	Adrien	PROG_L1
32911	Gigant	Simon	BD_L1

- Remarque : la colonne *Numero* n'apparaît qu'une seule fois dans le résultat.

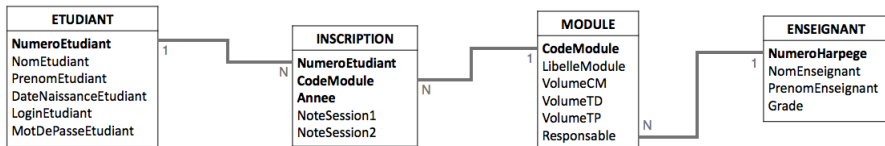
A vous de jouer



Donnez les requêtes permettant de calculer, sur notre exemple :

- Libellé des modules où est inscrit l'étudiant numéro 23794 en 2017.
- Nom et prénom des étudiants inscrits dans un module de l'enseignant 7914.
- Noms et prénoms des enseignants qui ont côtoyé l'étudiant numéro 23794.
- Numéros des étudiants qui n'ont jamais côtoyé l'étudiant numéro 23974.
- Libellé des modules communs aux étudiants 23974 et 33818.
- Couples d'étudiants (Num1, Num2) qui ont se sont inscrits au même cours la même année.

A vous de jouer : correction



Donnez les requêtes permettant de calculer, sur notre exemple :

- ...
- Numéros des étudiants qui n'ont jamais côtoyé l'étudiant numéro 23974.

I1 = S(NumeroEtudiant = 23974) INSCRIPTION

I2 = INSCRIPTION

R1 = I1 [I1.CodeModule = I2.CodeModule ET I1.Anee = I2.Anee] I2

R2 = [I2.NumeroEtudiant] R1

R2p = S(NumeroEtudiant <> 23974) R2

R3 = [NumeroEtudiant] ETUDIANT

R4 = R3 minus R2p



Formalisation

Intégrité des données

Un exemple de A à Z

Les opérateurs relationnels

Opérateurs ensemblistes classiques

Opérateurs relationnels spécifiques

Opérateurs relationnels dérivés

La division : définition et application



Définition pour R_1, R_2 d'entêtes $\{A_1, \dots, B_1, \dots, B_n\}$ et $\{B_1, \dots, B_n\}$ resp.

- Division $R_1[\text{DIV}]R_2$ de R_1 par R_2 : la plus grande relation Q dont le produit $Q \times R_2$ est inclus dans R_1 .

$$\begin{array}{c} R_1 \quad \left| \quad R_2 \\ \dots \quad Q \quad \text{avec } R_1 = R_2 \times Q \text{ union } R \\ R \end{array}$$

Application : projection sélective sur les attributs propres

- les t -uplets de R_1 qui sont complétés par concaténation par tous ceux de R_2

Exemple : Numéros des étudiants inscrits dans tous les modules

NoEtudiant*	CodeModule*
23794	PROG_L1
32911	BD_L1
32911	PROG_L1
32911	TEST_L3
34812	PROG_L1
34812	BD_L1
34812	TEST_L3

INSCRIPTION =

MOD1 CodeModule*
BD_L1
PROG_L1
TEST_L3

La division : définition et application



Définition pour R_1, R_2 d'entêtes $\{A_1, \dots, B_1, \dots, B_n\}$ et $\{B_1, \dots, B_n\}$ resp.

- Division $R_1[\text{DIV}]R_2$ de R_1 par R_2 : la plus grande relation Q dont le produit $Q \times R_2$ est inclus dans R_1 .

$$\begin{array}{c} R_1 \quad \left| \quad R_2 \\ \dots \quad Q \quad \text{avec } R_1 = R_2 \times Q \text{ union } R \\ R \end{array}$$

Application : projection sélective sur les attributs propres

- les t -uplets de R_1 qui sont complétés par concaténation par tous ceux de R_2

Exemple : Numéros des étudiants inscrits dans tous les modules

INSCRIPTION =

NoEtudiant*	CodeModule*
23794	PROG_L1
32911	BD_L1
32911	PROG_L1
32911	TEST_L3
34812	PROG_L1
34812	BD_L1
34812	TEST_L3

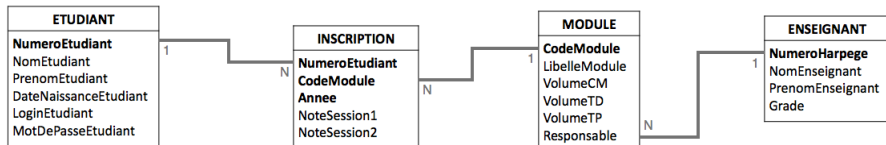
MOD1

CodeModule*
BD_L1
PROG_L1
TEST_L3

INSCRIPTION[DIV]MOD1

NoEtudiant*
32911
34812

A vous de jouer



Donnez les requêtes permettant de calculer, sur notre exemple :

- Noms des modules où se sont inscrits tous les étudiants