

Bases de Données
Modèle Entité-Association
(Entity-Relationship)

Modèle Entité-Association

Un modèle est une représentation simplifiée de la réalité.

Modèle E/A : représentation explicite de 3 concepts principaux : entité, association, d'attribut.

1. **Entité** = classe générique d'individus ou d'objets ayant les mêmes caractéristiques.

Ex. les entités "clients", "produits" ou "fournisseurs", dans une base de données de magasin.

2. **Association** = classe générique de liens reconnus ou possibles entre individus ou objets.

Ex. l'association "achète" lie les clients et les produits d'un magasin.

3. **Attribut** = propriété distinctive d'une entité ou d'une association.

Ex. le nom d'un client est un attribut de l'entité "clients".

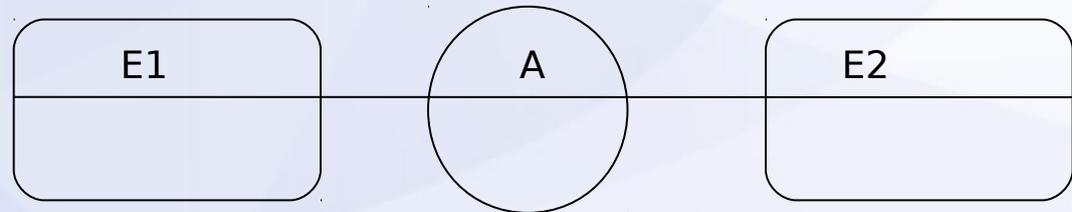
Rmq :

Termes officiels : entité-type ou type-entité au lieu de entité, etc ...

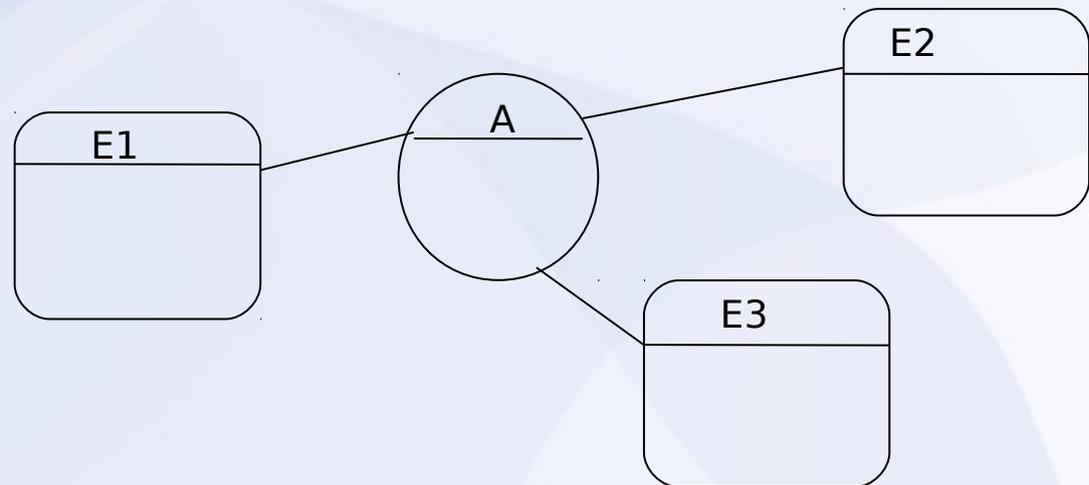
Par abus de langage, on parle de : entité, association, attribut

Association binaire et n-aire

- binaire : relie 2 entités

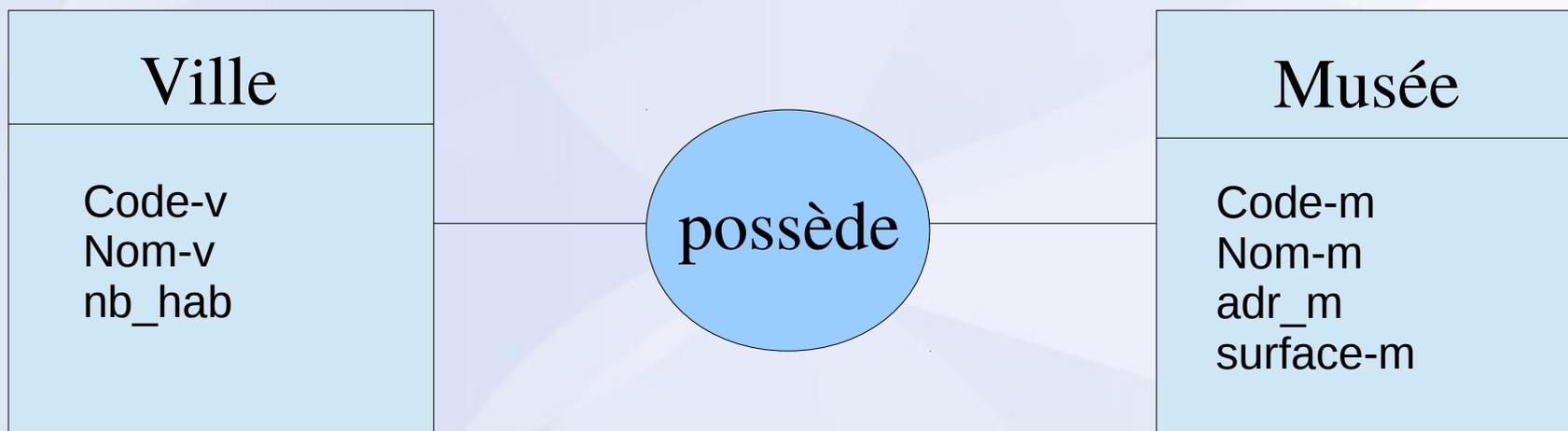


- ternaire : relie 3 entités



- n-aire : relie plusieurs (>2) entités

Exemple



Autre concept: identifiant ou clé

- **Identifiant** : Un identifiant d'une entité est constitué par un ou plusieurs de ses attributs dont les valeurs doivent identifier de manière unique cette entité.
- Au niveau d'une entité, chaque attribut possède un domaine qui définit l'ensemble des valeurs possibles qui peuvent être choisies pour lui (entier, chaîne de caractères, booléen...).
- Exemples d'identifiant : le numéro d'immatriculation d'une voiture, le code-barre d'un produit...
- **Remarque** : une entité peut avoir plusieurs identifiants.

- On parle parfois de clé plutôt que d'identifiant.
- Chaque entité possède au moins un identifiant, éventuellement formé de plusieurs attributs.

Autre concept : cardinalité d'un couple (E,A)

- Définition : La **cardinalité** est le nombre de fois **minimal** et **maximal** qu'une entité peut intervenir dans une association.
 - La cardinalité minimale doit être inférieure ou égale à la cardinalité maximale.
 - Exemple de cardinalité : un client peut commander entre 1 et n produits.
- ==> représentation : (1,n)
- L'expression de la cardinalité est obligatoire pour chaque patte d'un type-association.

Cardinalité minimale

- La cardinalité minimale peut-être :
-
- **0** Cela signifie qu'une entité peut exister tout en n'étant impliquée dans aucune association.
- **1** Cela signifie qu'une entité ne peut exister que si elle est impliquée dans au moins une association.
- **n** Cela signifie qu'une entité ne peut exister que si elle est impliquée dans plusieurs associations.

Remarque : le cas n comme cardinalité minimale est rare et il est prudent de l'éviter.

Cardinalité maximale

- La cardinalité maximale peut-être :
- **1** Cela signifie qu'une entité **peut être** impliquée dans au maximum une association.
- **n** Cela signifie qu'une entité **peut être** impliquée dans plusieurs associations.

Remarque : la cardinalité max 0 ne doit pas exister : il démontre un problème de conception puisque l'entité est inutile à l'association.

Il faut alors reconsidérer la cardinalité ou retirer la liaison entre l'entité et l'association.

Remarques

- Une entité ou une association est composée d'occurrences ou instances.
- Un attribut ne doit pas être partagé par plusieurs entités ou associations.
- Il est parfois difficile de faire un choix entre une entité et une association : un mariage est-il une association entre deux personnes ou une entité pour laquelle on veut conserver un numéro, une date, un lieu, etc. et que l'on souhaite manipuler en tant que telle ?
=> Le contexte doit aider à répondre à ce genre de question.

Remarques

- Lorsqu'on ne parvient pas à trouver d'identifiant pour une entité, il faut se demander s'il ne s'agit pas en fait d'une association : si ce n'est pas le cas, un identifiant arbitraire numérique entier peut faire l'affaire.
- Lorsque toutes les pattes d'une association portent la cardinalité 1,1, il faut se demander si cette association et les entités liées ne décrivent pas en fait une seule entité.
- Pour faciliter la lecture du schéma, il est assez courant de ne pas y faire figurer les attributs ou de ne conserver que ceux qui font partie des identifiants et les plus importants. Les attributs cachés seront spécifiés dans un document à part.

Problèmes de modélisation

- Une fois qu'un objet est reconnu comme entité, il ne peut pas être à la fois une association, et vice-versa.
- Une association lie forcément 2 objets (ou plus). Une entité est forcément liée à (au moins) une autre entité par (au moins) une association.
- Une fois qu'un attribut est placé sous une entité, il ne peut pas appartenir à la fois à une association, ou à une autre entité, et vice-versa.

Problèmes de modélisation

- Le locuteur ne se modélise pas lui-même : l'organisme du point de vue duquel on réalise le modèle ne fait pas partie du modèle
- \implies on ne représente une entité (association) que si l'on sait reconnaître une classe d'individu dans cette entité (association).

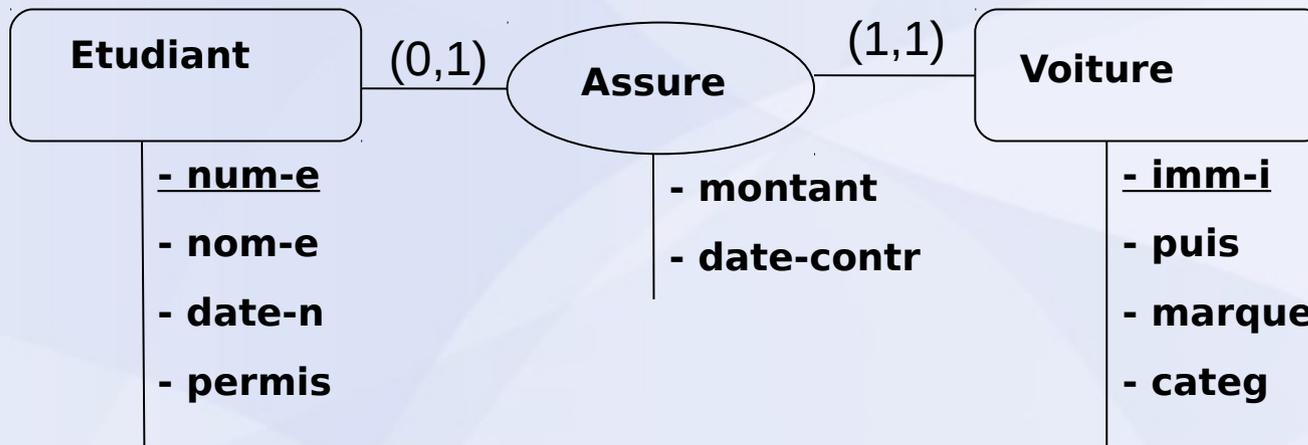


Problèmes de modélisation

- La détermination des attributs pertinents est fonction du point de vue. Ex : la taille d'un étudiant n'est pas utile pour la scolarité, mais est pertinente pour la mairie (papiers d'identité).
- **Un attribut** appartient à **une association** si la connaissance des **valeurs des clés des entités** reliées par cette association détermine de **manière unique la valeur de cet attribut**.

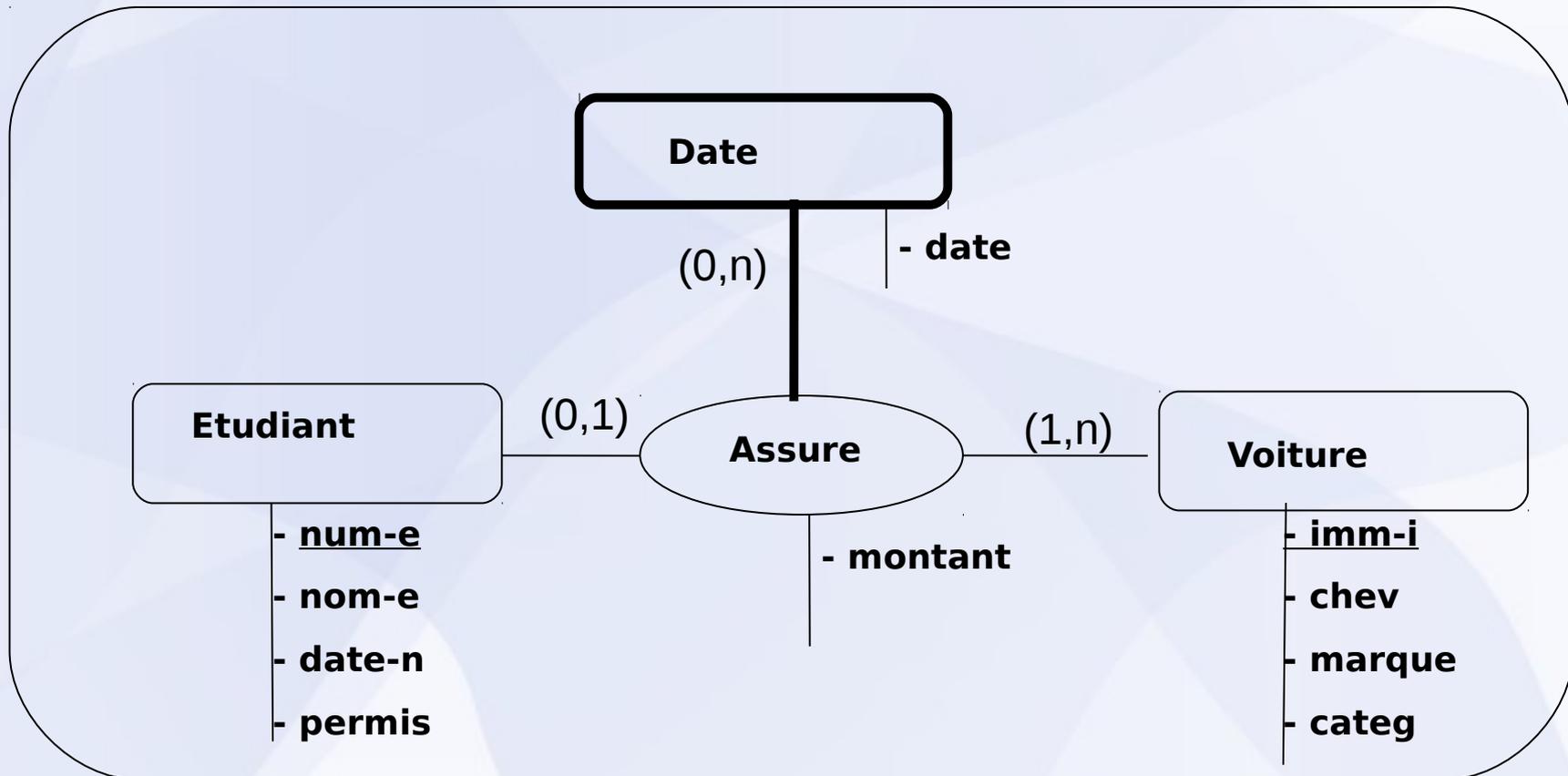
Prise en compte du temps

- 1. Point de vue synchronique (instantané) : le temps n'intervient pas comme élément discriminatoire.



2. Point de vue diachronique (historique)

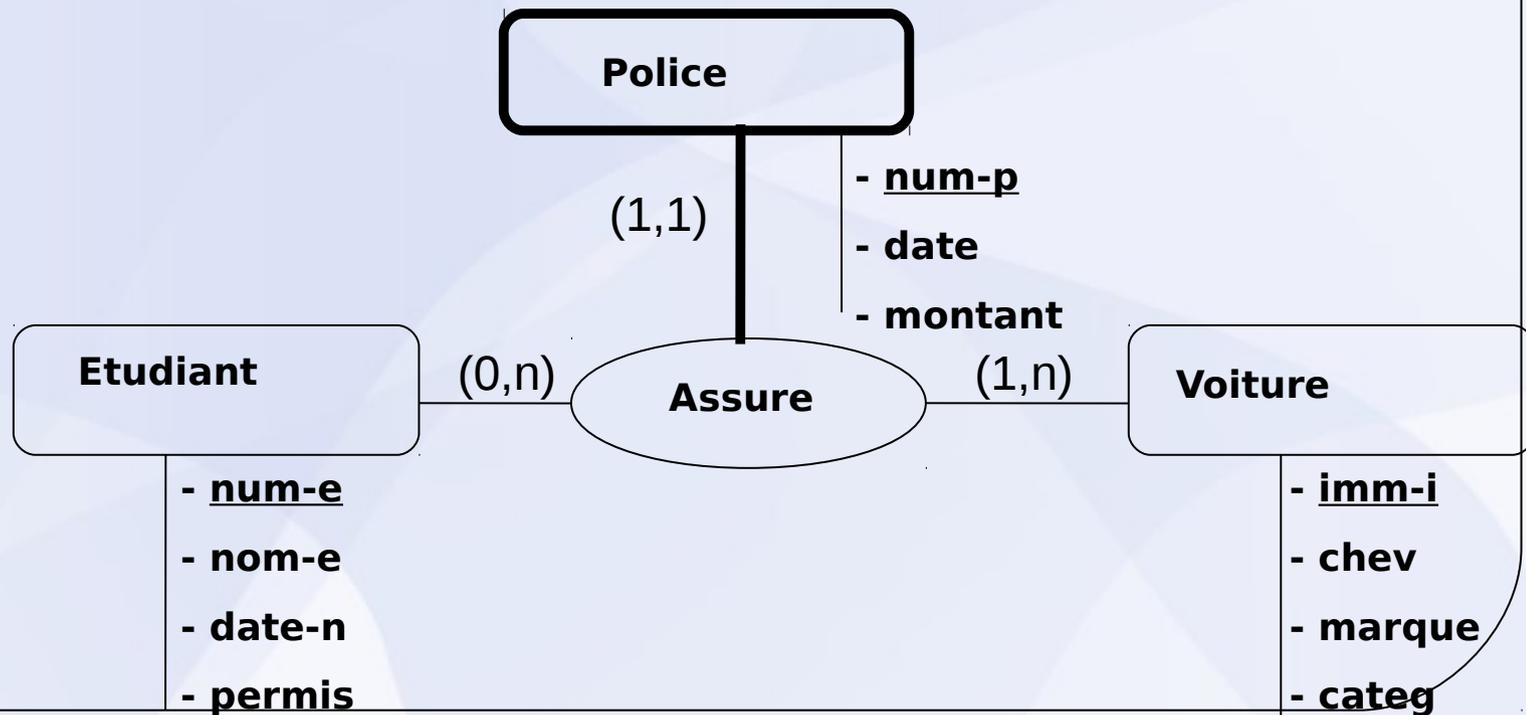
- 2.1. Création d'une entité date : une assoc. n-aire devient (n+1)-aire



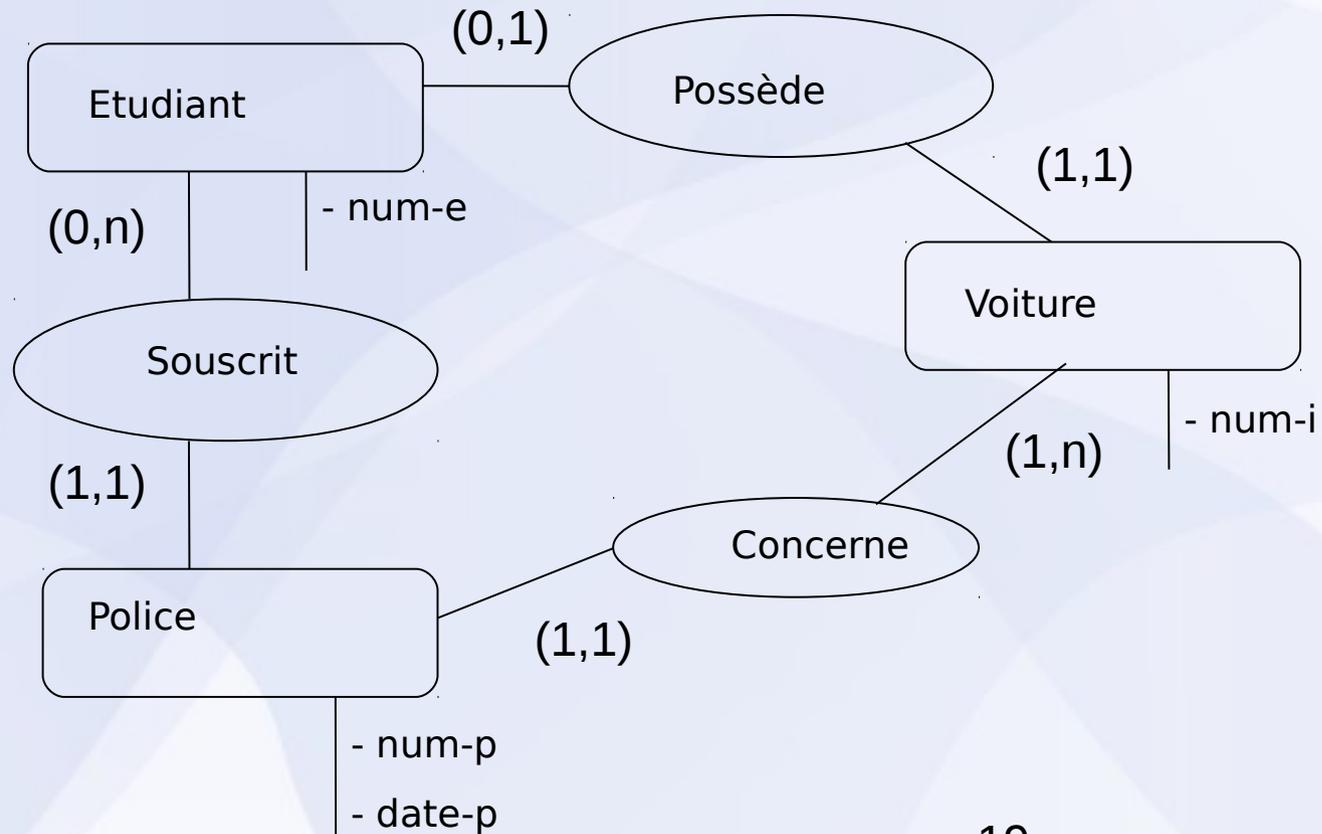
2. Point de vue diachronique (historique).

2.2. Introduction d'événements datés

Assurance => police d'assurance (document avec date, ...)
Commande => Bon de commande, etc ...



On en fait des associations binaires ... C'est mieux



Éléments du Modèle relationnel

- Établi en 1970 par E.F. Codd,
- 1er SGBD relationnel commercial : DB2 (IBM 1978)
- *On considère D_i où $i = 1, 2..n$ des ensembles, dits domaines*
- *Un domaine = ensemble de valeurs (ex. $D1$: entiers sur 10 positions, $D2$: chaînes de 8 caract., ...)*
- *Attribut = variable à valeurs dans un domaine*

Modèle relationnel (Codd 1970)

- *Attribut A_i = variable à valeurs dans un domaine*
- *Une relation r sur les attributs A_1, A_2, \dots, A_n de domaines respectifs D_1, D_2, \dots, D_n , est un sous-ensemble du produit cartésien $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$.*
- *Schéma de la relation $r = R =$ liste de ses attributs avec leurs domaines (souvent, on omet les domaines)*

Modèle relationnel (Codd 1970)

ex.

ETUD (num-et:D1, nom-et:D2) ou ETUD (num-et, nom-et)

La relation etud = {(102, 'jacques'), (304, 'Marc')}

Représentation tabulaire :

	num-et	nom-et
Relation etud	-----	
	102	Jacques
	304	Marc

Quelques éléments

- Dans le modèle relationnel, tout est représenté sous forme de table.
- Une table (relation) possède un nom, des colonnes (appelés attributs) et des lignes (appelées tuples ou n-uplets).
- Une table (relation) possède une clé primaire (un ou plusieurs attributs dont les valeurs distinguent les tuples entre eux).

Notions de clé primaire, clé étrangère

- Clé primaire : une table (relation) possède une toujours une clé primaire. Il s'agit de un ou plusieurs attributs dont les valeurs distinguent les tuples entre eux.
- Clé étrangère : Une clé étrangère dans une relation-1 est un ou plusieurs attributs qui sont la clé primaire d'une autre relation-2, c-à-d que la relation-1 fait référence à la relation-2 (par l'intermédiaire de la clé).

Exemple :

PRODUIT (code_prod, designation, prixUHT), on a :
code_prod → (designation, prixUHT)

NOTE (code_matiere, num_eleve, noteDS1), on a :
(code_matiere, num_eleve) → noteDS1

ETUDIANT (num_etu, nom_etu, adr_etu, tel_etu, #num_dip, annee_inscrip)



DIPLOME(num-dip, sigle-dip, nb_annees)

Dépendances fonctionnelle en bref

Soit une relation $R (A, B, C, D)$, où $A, B, C, D =$ attributs

On dit que A est en dépendance fonctionnelle avec C (ou C dépend fonctionnellement de A) si la connaissance d'une valeur de l'attribut A détermine de manière unique la valeur de l'attribut C , noté $A - df \rightarrow C$ (ou $A \rightarrow C$).

Exemple : Etudiant (num-etudiant, date-naissance, ...)

Num-etudiant – df \rightarrow date-naissance

=> la connaissance du numéro d'un étudiant détermine de manière unique sa date de naissance.

Si X attributst un ensemble d A, B, C
Et Y un autre ensemble d'attributs D, E, F

Alors On dit qu'il y a une dépendance fonctionelle entre les attributs X et les attributs Y si la connaissance des valeurs des attributs X détermine de manière unique la connaissance des valeurs des attributs Y (ou que X détermine Y), et on note :

on écrit : $X \rightarrow Y$

On revient sur l'exemple précédent. On a :

PRODUIT (code_prod, designation, prixUHT), on a :

df : code_prod \rightarrow (designation, prixUHT)

NOTE (code_matiere, num_eleve, noteDS1), on a :

df : (code_matiere, num_eleve) \rightarrow noteDS1

Note : la clé d'une relation est **toujours** en dépendance fonctionnelle avec tous les attributs de la relation.

Passage E/A --> Relationnel

On constate que :

- Dans le modèle E/A : on a les notions
 - d'entités, identifiant et attributs,
 - d'associations,
 - de contraintes de cardinalités.
- Dans modèle relationnel : on a les notions
 - de relations, clé et attributs,
 - de dépendances fonctionnelles (df).

Les df dans le modèle E/A sont exprimées ainsi :

- **SUR L ' ENTITE** : une clé d 'une entité (identifiant) est un ensemble d 'attributs qui détermine fonctionnellement tous les autres attributs de l'entité.

-**Exemple** :

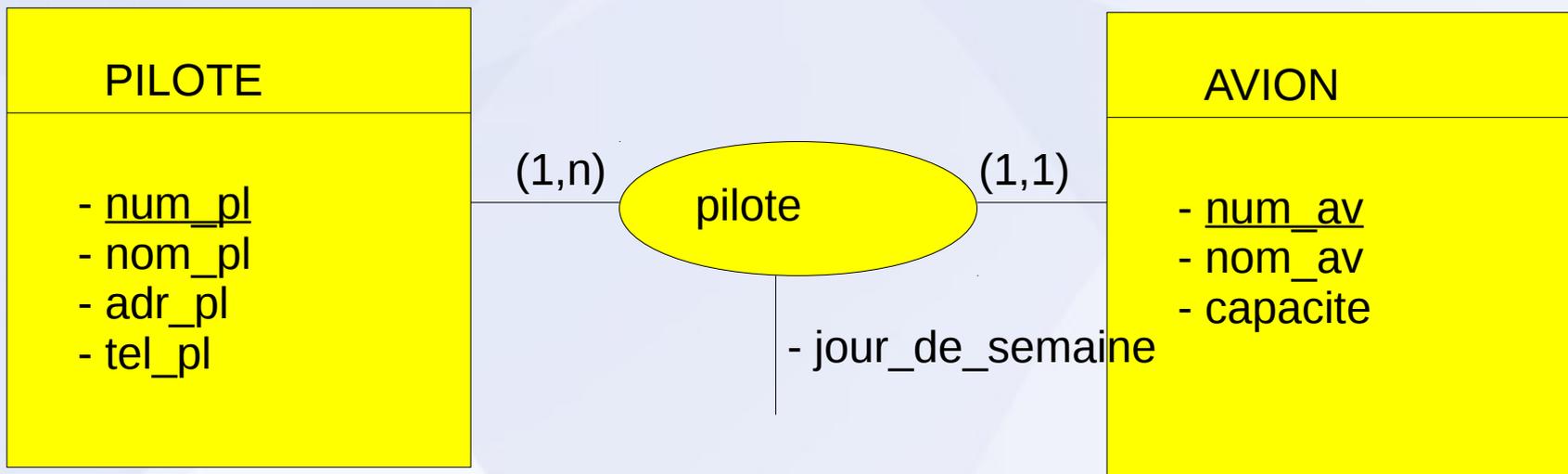
En connaissant le numéro d'étudiant, on peut connaître de façon unique son nom, son téléphone, etc.

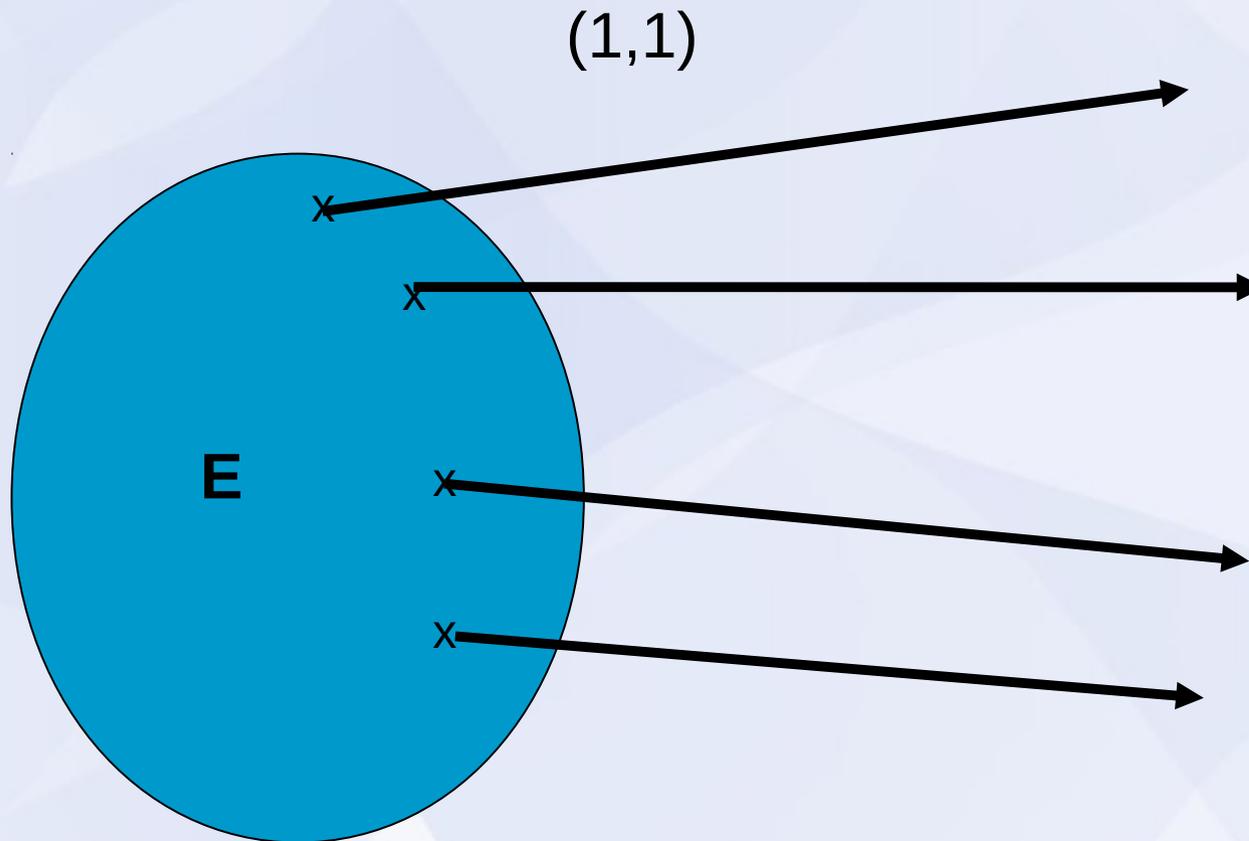


- SUR LES CARDINALITES : si la cardinalité du couple (E, A) est (0,1) ou (1,1) alors une occurrence de l'entité E détermine les occurrences de toutes les autres entités intervenant dans l'association A (par définition).

Une occurrence de AVION détermine une occurrence de PILOTE (ici il n'y a que PILOTE qui est relié par l'association à AVION).

-Exemple : Si on connaît l'avion, alors on connaît son pilote et le jour de semaine où ce pilote pilote cet avion.





Les clés des autres entités dépendent fonctionnellement de la clé de E

On constate aussi que :

Si T est un attribut dans d 'une association dans laquelle les cardinalités sont toutes (0,n) ou (1,n), alors T est déterminé par les occurrences de toutes les entités intervenant dans la définition de l 'association (par définition)

=> T dépend fonctionnellement des clés des entités intervenant dans l'association.

D'où les règles de passage suivantes :

R1. Chaque entité devient une relation. Les attributs de l'entité deviennent attributs de la relation. L'identifiant de l'entité devient clé de la relation.

CLIENT

- num_cli
- nom_cli
- adr_cli
- tel_cli
- metier_cli



Relation

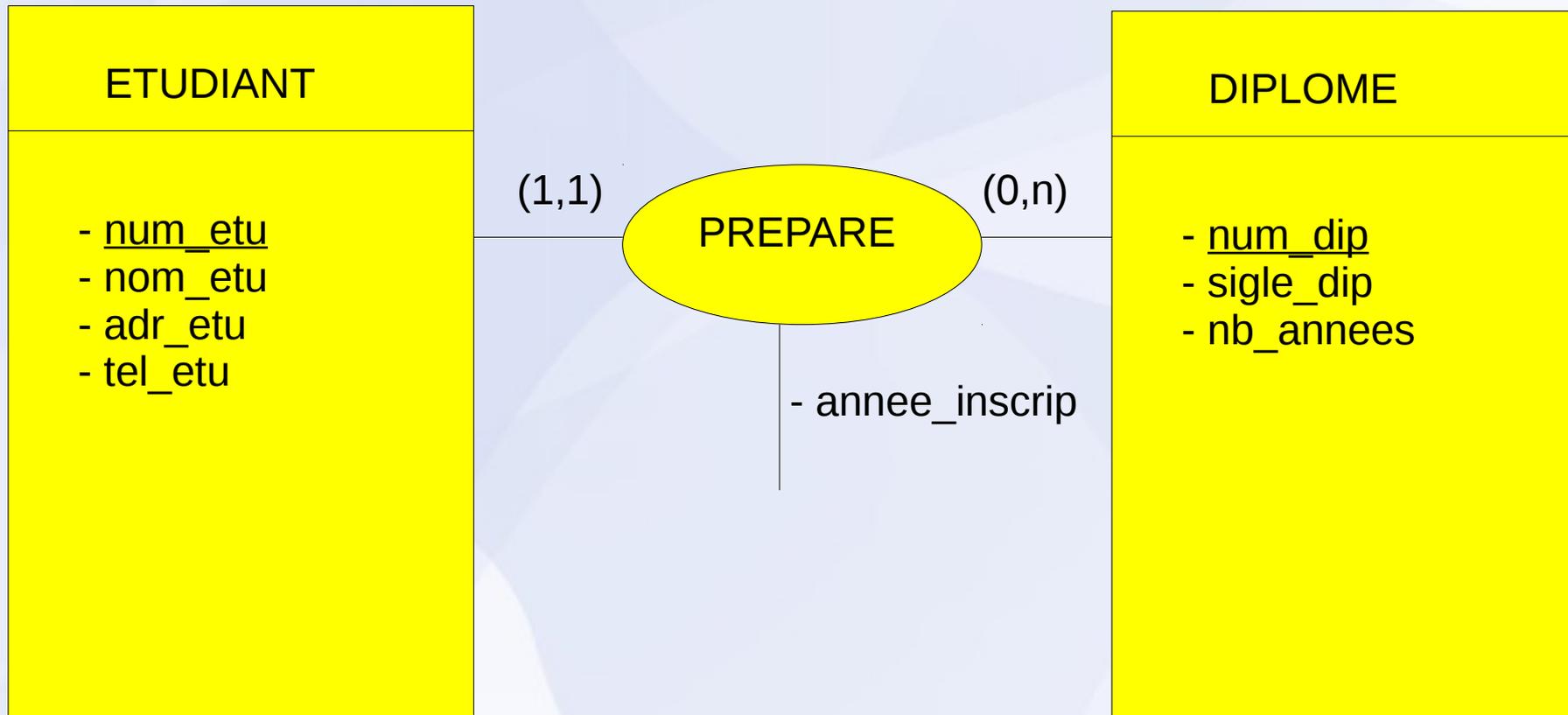
CLIENT(num_cli, nom_cli, adr_cli, tel_cli, metier_cli)

R2. Si dans une association, **il existe** une entité pour laquelle la cardinalité est **(0,1) ou (1,1)**, alors ajouter à la relation représentant cette entité les identifiants des autres entités intervenant dans cette association comme clé étrangère, ainsi que les attributs éventuels de l'association.

ETUDIANT (num_etu, nom_etu, adr_etu, tel_etu, num_dip, annee_inscrip)

DIPLOME(num-dip, sigle-dip, nb_annees)

clé étrangère de ETUDIANT

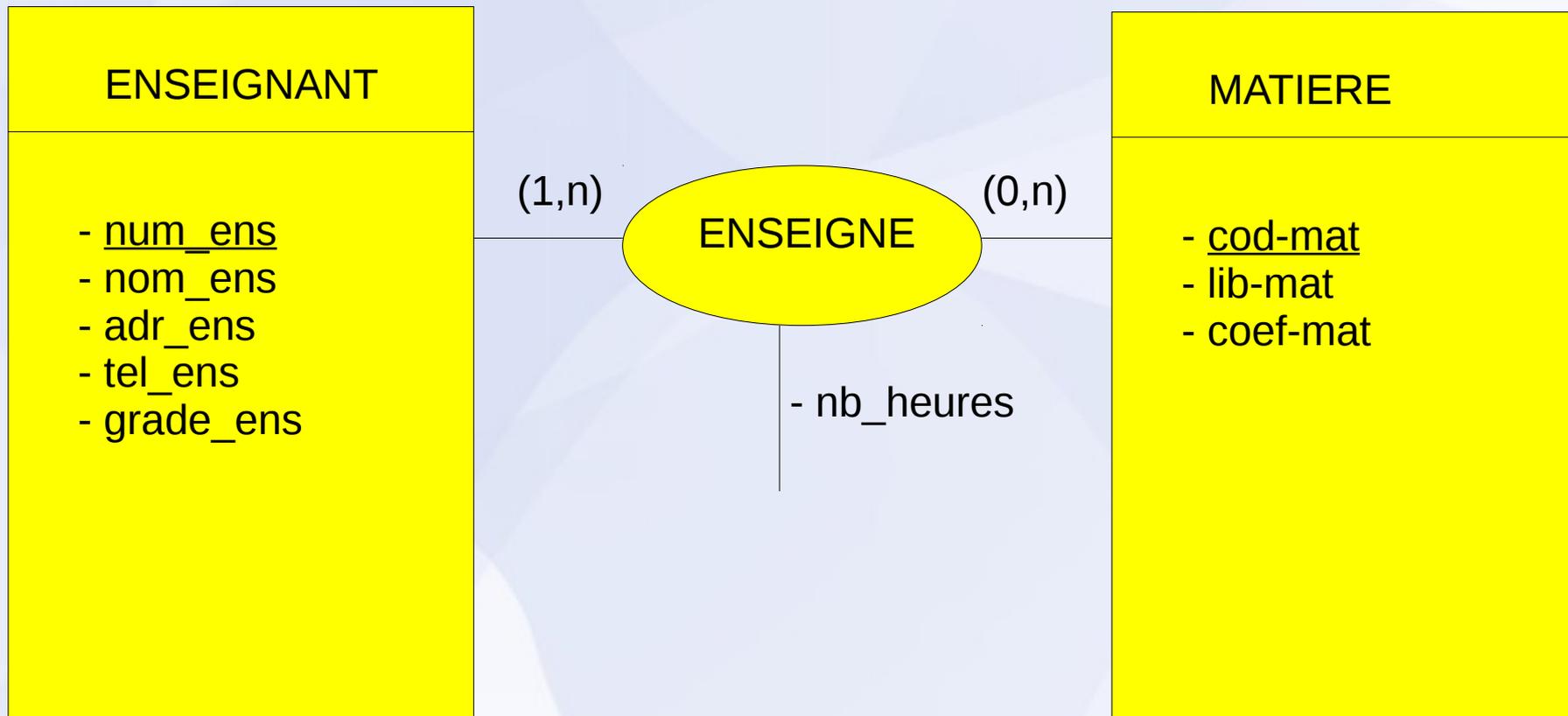


R3. Toute association où **il n'existe pas** de cardinalité **(0,1)** ou **(1,1)**, devient une relation avec comme clé la concaténation des clés des entités qu'elle relie (relations participantes) et comme attributs les attributs éventuels de l'association.

ENSEIGNANT (num_ens, nom_ens, adr_ens, tel_ens, grade_ens)

MATIERE(cod-mat, lib-mat, coef-mat)

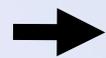
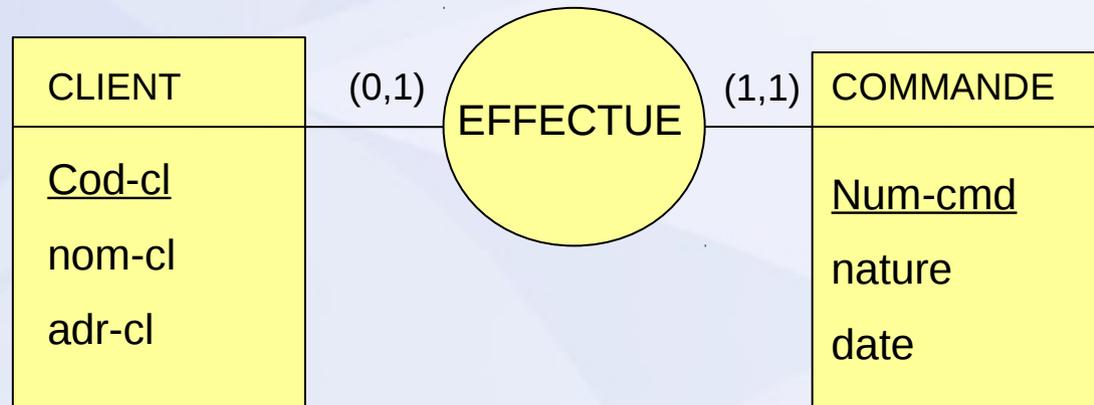
ENSEIGNE (num_ens, cod-mat, nb_heures)



Remarques

- Si, pour une association, il existe des entités pour lesquelles la cardinalité du couple E/A est (0,1) et d'autres pour laquelle elle est de (1,1), alors **privilegier la cardinalité (1,1)**.

- Exemple :

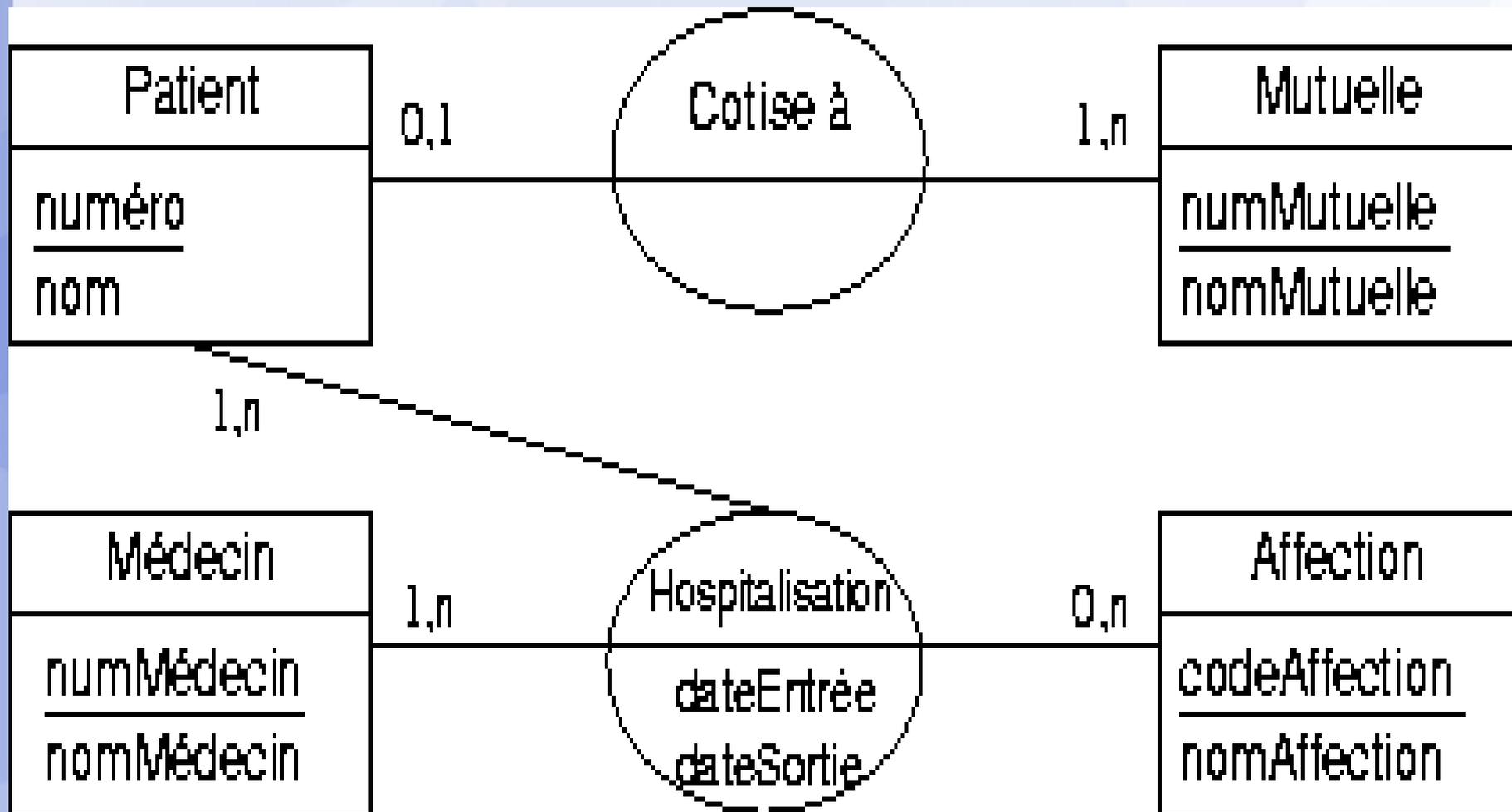


CLIENT (cod-cl, nom-cl, adr-cl)

COMMANDE (Num-cmd, nature, date, **code-cl**)

- Les règles R2 et R3 s'excluent mutuellement : si on applique R2, on n'applique pas R3 et vice versa.

Soit le modèle E/A simplifié



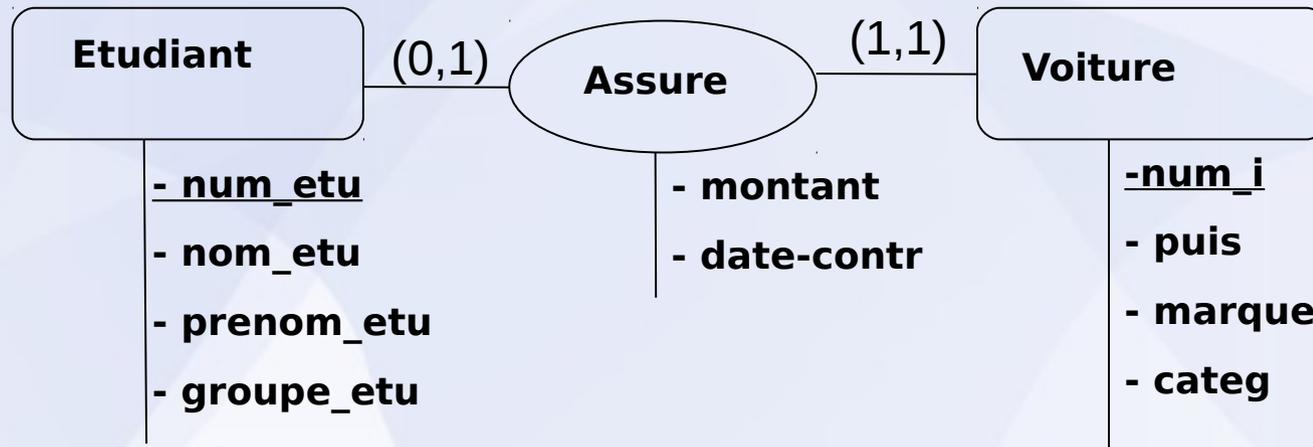
Relations déduites de ce schéma

- Patient(numéro, nom, numMutuelle)
- Mutuelle(numMutuelle, nomMutuelle)
- Médecin(numMédecin, nomMédecin)
- Affection(codeAffection, nomAffection)
- Hospitalisation(numéro, codeAffection, numMédecin,
dateEntrée, dateSortie)

- Notation : nomRelation (clé, Attribut1, Attribut2, ...)

Exemple : de passage E/A → Relationnel (modèle synchronique et modèle diachronique)

1. Soit l'extrait d'un modèle E/A (synchronique) suivant où :
- un étudiant assure 0 ou une seule voiture (0,1)
 - et une voiture est assurée par un et un seul étudiant (1,1).



Dans ce modèle, la connaissance d'un étudiant (sa clé) et la connaissance de la voiture (par sa clé) détermine de manière unique le montant de l'assurance et sa date de souscription, c-a-d qu'il y a une df :

(num_etu, num_i) → montant et date-contr

Donc on ne peut pas avoir plusieurs dates et montants pour un même étudiant et une même voiture

(Donc on ne peut pas faire d'historique)

=> **Passage en relationnel**

R1 : ETUDIANT (num_etu, nom_etu, prenom_etu, groupe_etu)
VOITURE (num_i, puis, marque, categ)

R2 ou R3 ? : ici R2 car il existe une cardinalité (1,1),
mais il y a aussi (0,1) => MAIS on privilégie la cardinalité (1,1)

D'où :

VOITURE (num_i, puis, marque, categ, #NUM_ETU, MONTANT, DATE_CONTR)

Rmq : la règle 3 ne s'applique pas car on a appliqué la règle 2.

Donc le modèle (ou schéma) relationnel équivalent au modèle E/A synchronique) donné est le suivant (2 relations) :

ETUDIANT (num_etu, nom_etu, prenom_etu, groupe_etu)

VOITURE (num_i, puis, marque, categ, #NUM_ETU, MONTANT, DATE_CONTR)

Rmq : ici, num_etu est une clé étrangère de la relation VOITURE, car c'est une clé primaire dans la relation ETUDIANT.

Le symbole # indique une clé étrangère (par convention)

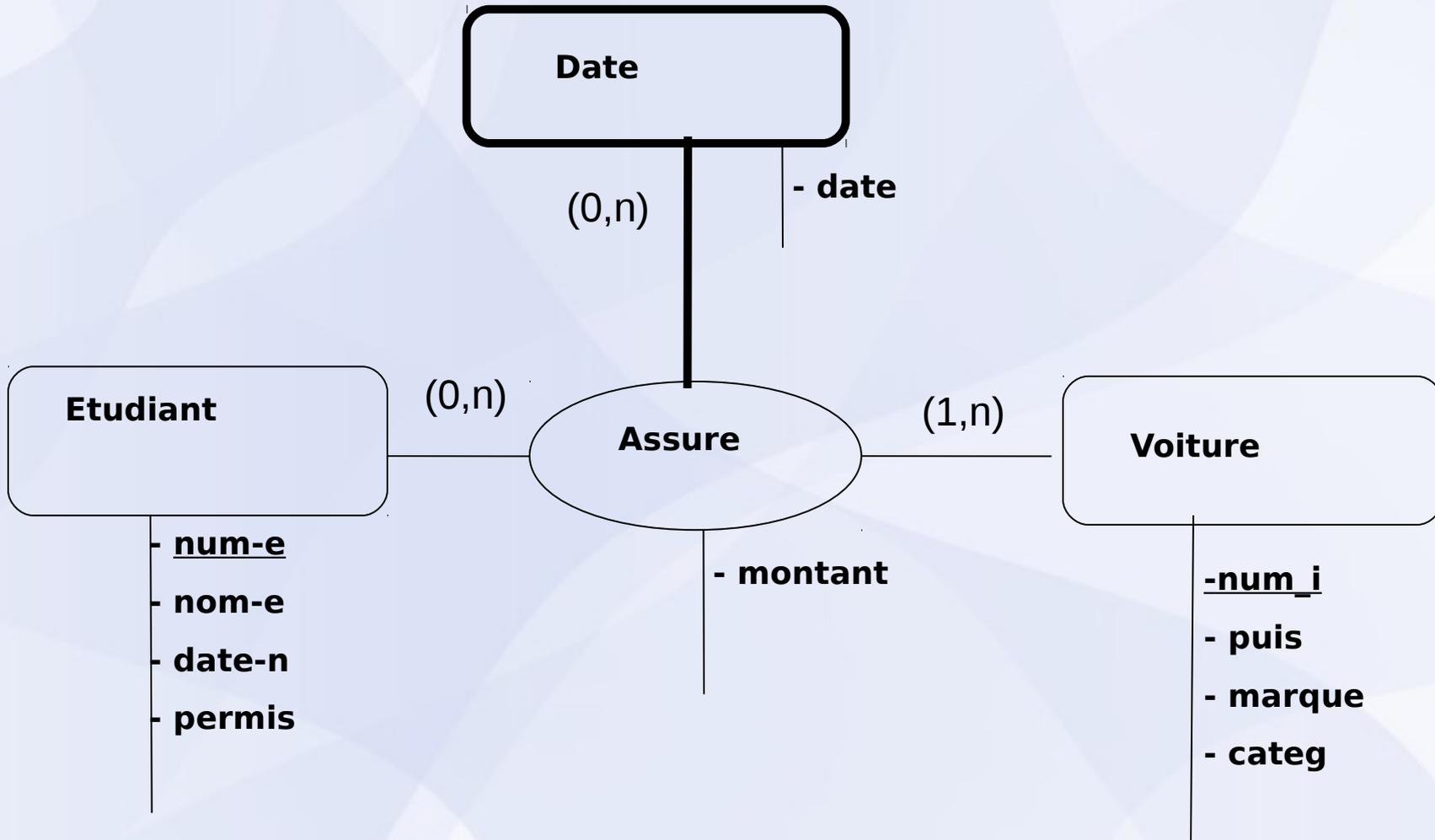
Les attributs NUM_ETU, MONTANT, DATE_CONTR sont écrits en majuscule, JUSTE pour dire qu'ils proviennent d'autres entités ou associations.

Réellement, on a :

VOITURE (num_i, puis, marque, categ, #num_etu, montant, date_contr)

2. Soit l'extrait du modèle E/A précédent, cette fois avec un point de vue diachronique (historique) où :

- un étudiant donné assure 0 voiture ou assure une voiture à plusieurs dates (pour un montant donné) $\Rightarrow (0,n)$
- une voiture est assurée par un étudiant à une date donnée (ou à plusieurs dates), avec un montant donné $\Rightarrow (1,n)$.
- à une date donnée, peut ne correspondre aucune assurance de voiture. Peuvent correspondre plusieurs assurances de voitures par des étudiants $\Rightarrow (0,n)$



Dans ce modèle, la connaissance d'un étudiant (sa clé), la connaissance de la voiture (par sa clé) ET DE LA DATE détermine de manière unique le montant de l'assurance, c-a-d qu'il y a une df :

(num_etu, num_i, date) → montant

Donc on peut avoir pour un même étudiant et une même voiture, à différentes dates Un montant de l'assurance.

=> donc on peut faire l'historique des étudiants qui ont assuré les mêmes voitures à des dates différentes pour un certain montant.

Exemple : (num_etu1, num_i1, date1) → montant1
(num_etu1, num_i1, date2) → montant2
(num_etu1, num_i1, date3) → montant3
(num_etu1, num_i1, date4) → montant4

Rmq : Les montants peuvent être égaux ou différents.

=> Passage en relationnel

R1 : ETUDIANT (num_etu, nom_etu, prenom_etu, groupe_etu)
VOITURE (num_i, puis, marque, categ)

NOTE : par convention, on ne transforme pas l'entité DATE en relation.

R2 ou R3 ? :

ici R3 car pas de cardinalité (1,1) ou (0,1)

D'où : création d'une nouvelle relation :

ASSURE (num_etu, num_i, date, montant)

Donc le modèle (ou schéma) relationnel équivalent au modèle E/A diachronique) donné est le suivant (3 relations) :

ETUDIANT (num_etu, nom_etu, prenom_etu, groupe_etu)

VOITURE (num_i, puis, marque, categ)

ASSURE (num_etu, num_i, date, montant)

Rmq : ici, la clé primaire de la relation ASSURE est composée du triplet d'attributs :

(num_etu, num_i, date) et on a la dépendance fonctionnelle :

(num_etu, num_i, date) → montant

Donc il suffit qu'un élément du triplet soit différent pour que la df soit respectée.

On peut avoir alors : (num_etu1, num_i1, **date1**) → montant1

(num_etu1, num_i1, **date2**) → montant2

(num_etu1, num_i1, **date3**) → montant3

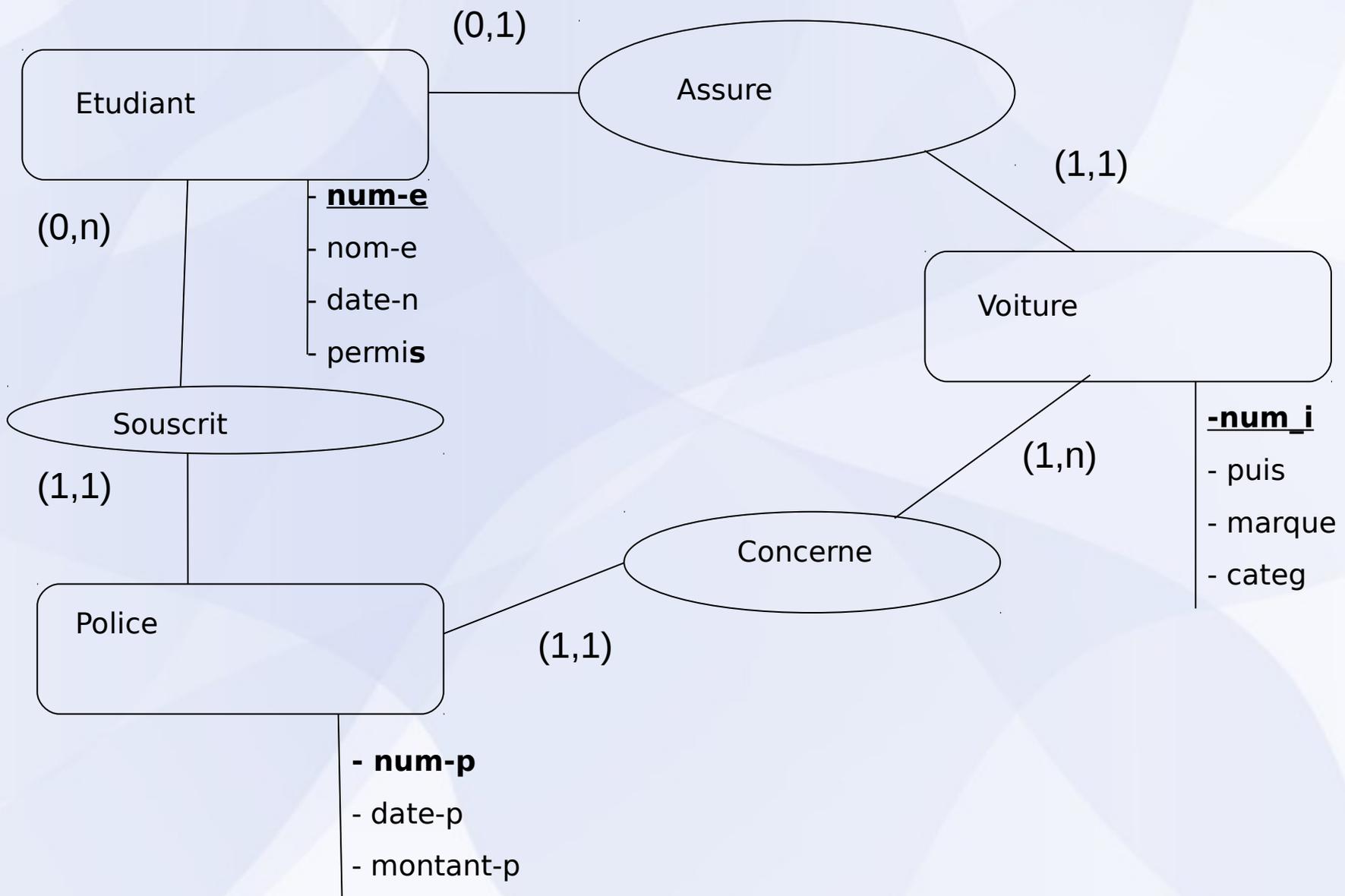
=> on a l'historique (les montants peuvent être égaux ou différents)

Introduction d'un événement daté :

=> On modifie le modèle E/A pour utiliser le point de vue diachronique avec des événements datés (quand un étudiant assure une voiture : c'est matérialisé par l'entité

POLICE D'ASSURANCE.

D'où le modèle E/A suivant :



D'où le modèle (ou schéma) relationnel équivalent au modèle E/A (diachronique avec événement datés) donné est le suivant (3 relations) :

ETUDIANT (num_e, nom_etu, date-n, permis)

VOITURE (num_i, puis, marque, categ, #num-e)

POLICE(num-p, date-p, montant-p, #num-e, #num-i)