

Bases de données :
cours 2 – Modèle Entités-Associations (MEA)

Elena Leroux

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Introduction (1/3)

- Plusieurs modèles de données ont été proposés. Parmi ces modèles, les trois modèles ci-dessus sont les plus utilisés :
 - **le modèle en réseau :**
 - fournit une vue plus naturelle des données en séparant les entités et les relations,
 - mais sa capacité à rendre indépendantes les données est réduite.
 - **le modèle relationnel :**
 - est basé sur la théorie relationnelle,
 - il permet un fort degré d'indépendance des données,
 - mais il peut perdre quelques informations sémantiques importantes à propos du monde réel.
 - **le modèle hiérarchique :**
 - est basé sur la théorie des ensembles,
 - il permet aussi une grande indépendance des données,
 - mais la façon dont des valeurs telles que « 3 » ou « rouge » sont vues par ce modèle peut ne pas être naturelle pour certaines personnes.

Introduction (2/3)

- Le **modèle entités-associations (EA)** (*Entity-Relationship model (ER)* en anglais) :
 - est le plus connu des modèles conceptuels pour le développement d'applications de bases de données.
 - il permet de décrire la totalité d'une base de données.
 - il est constitué de 3 notions (concepts) principales :
 - l'**entité**,
 - l'**attribut** et
 - l'**association**.

Introduction (3/3) :

avantages du modèle entités-associations (1/2)

- Le modèle EA adopte une **vue plus naturelle** en supposant que le monde réel est composé uniquement d'entités et d'associations.
- Le modèle EA inclut des **informations sémantiques importantes** à propos du monde réel.
- Le modèle EA peut atteindre un **haut degré d'indépendance des données**. Il est basé sur la théorie des ensembles et la théorie relationnelle.
- Le modèle EA peut être utilisé comme une base pour **unifier la vue des données**.

Introduction (3/3) :

avantages du modèle entités-associations (2/2)

- La plupart des travaux réalisés dans le passé ont mis en valeur la différence entre le modèle en réseau, le modèle relationnel et le modèle hiérarchique.
- Plus tard, plusieurs essais ont été réalisés pour tenter de réduire les différences entre ces trois modèles de données.
- Le modèle entité-association est un modèle logique des données intéressant puisqu'à partir de ce modèle **on peut dériver chacun des trois autres modèles.**
- On peut voir ce modèle comme une **généralisation des trois autres.**

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
 - Entités
 - Associations
 - Cardinalité d'un type association
 - Attributs
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Éléments de base du modèle EA : entité (1/3)

- Définition d'une entité :

Une **entité** représente un objet *discret* qui est soit *concret* (par exemple, une personne ou un livre), soit *abstrait* (par exemple, des vacances ou un concept).

- Exemples :

- un ordinateur,
- un employé,
- une chanson,
- un théorème mathématique ou
- un évènement.

Éléments de base du modèle EA : entité (2/3)

- **Définition d'un ensemble d'entités :**

Un **ensemble d'entités** (ou **type d'entités**) est un ensemble qui contient toutes les entités pour un type donné.

- **Exemple :**

- L'ensemble de toutes les personnes qui ont un compte bancaire.

Éléments de base du modèle EA : entité (3/3)

- **Remarques :**

- Les ensembles d'entités sont généralement identifiés par des noms.
- Les ensembles d'entités sont représentés graphiquement sous forme de rectangles, par exemple :

Personne

- Les ensembles d'entités peuvent ne pas être disjoints.
 - **Exemple :**
 - L'ensemble d'entités « employé » (tous les employés de la banque) et l'ensemble d'entités « consommateur » (tous les consommateurs de la banque) peuvent avoir des membres en commun.

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
 - Entités
 - Associations
 - Cardinalité d'un type association
 - Attributs
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Éléments de base du modèle EA : association (1/4)

- **Définition d'une association :**

Une **association** (aussi appelée **relation**) modélise le *lien entre deux entités* (ou plus) et donne des information sur la façon dont les entités sont liées.

- **Remarque importante :**

Les associations sont généralement identifiées par des *verbes*.

- **Exemples :**

- une relation d'appartenance (*appartient*) entre une compagnie et un ordinateur,
- une relation de direction (*dirige*) entre un employé et un département,
- une relation d'interprétation (*interprète*) entre un artiste et une chanson,
- une relation de démonstration (*démontre*) entre un mathématicien et un théorème.

Éléments de base du modèle EA : association (2/4)

- **Définition d'un ensemble d'associations :**

- Un **ensemble d'associations** (ou un **type d'associations**) est un ensemble qui contient toutes les associations concernant un même groupe de plusieurs ensembles d'entités.

- **Remarque :**

Les ensembles d'associations sont représentés graphiquement sous forme de **losanges**, par exemple :



- **Exemple :**

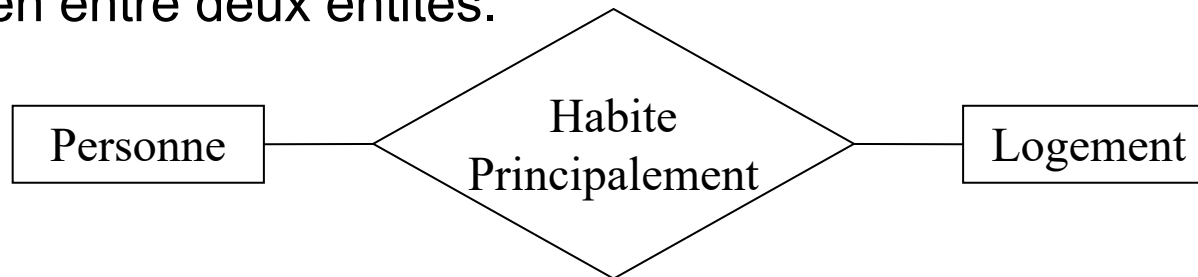
- Considérons les deux ensembles d'entités : « **client** » et « **compte** ». Nous définissons ensuite l'ensemble d'associations « **ouvre** » pour dénoter le lien entre les clients et leurs comptes. C'est un **ensemble d'associations binaire**.



Éléments de base du modèle EA : association (3/4)

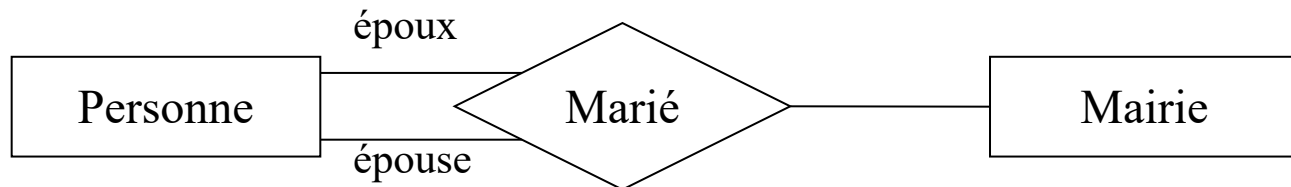
- Définition :

Une **association binaire** est une association qui modélise le lien entre deux entités.



- Définition :

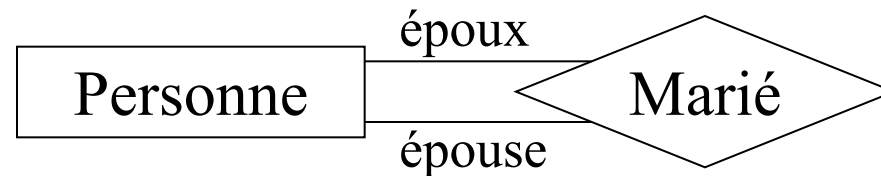
Une **association ternaire** (resp. **n-aire**) est une association qui modélise le lien entre trois (resp. n) entités.



Éléments de base du modèle EA : association (4/4)

- **Définition :**

Une **association réflexive** est une association qui modélise le lien entre des entités avec au moins des liens sur une même entité.



- **Remarque :**

Attention, une association non binaire peut aussi être réflexive.



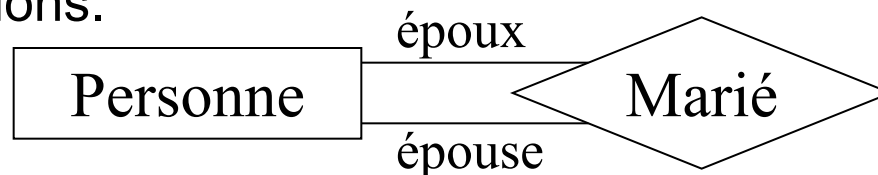
Éléments de base du modèle EA : rôle d'une entité

- Définition du rôle d'une entité :

Le **rôle d'une entité** est la fonction qu'elle joue dans une association.

- Exemple :

- On crée l'association « Marié » qui pourrait être composée de paires ordonnées d'entités « Personne ».
 - La première personne de la paire prend le rôle de « l'époux », et
 - la seconde prend le rôle de « l'épouse ».
- Dans le cas où un même ensemble d'entités apparaît plusieurs fois dans une association, il convient de préciser le rôle de cet ensemble d'entités pour chacun de ses liens avec l'ensemble d'associations.

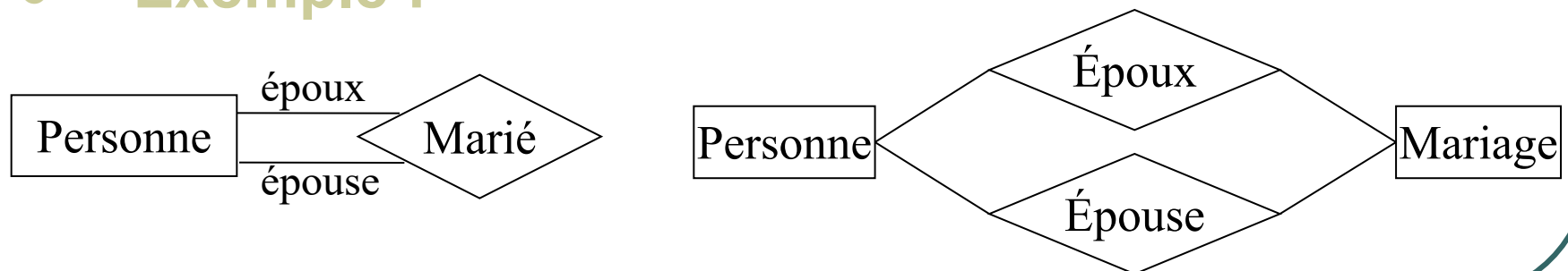


Éléments de base du modèle EA : modélisation de plusieurs façons

- **Remarque :**

- Attention, il est tout à fait possible que certaines personnes voient quelque chose (par exemple mariage) comme une entité alors que d'autres la verront comme une association.
- C'est dans ce cas à la personne qui conçoit le modèle de la base de données que revient de décider si cette chose sera une entité ou une association.
- De ce fait, une partie du mode réel peut être modélisée de plusieurs façons.

- **Exemple :**



Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
 - Entités
 - Associations
 - Cardinalité d'un type association
 - Attributs
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations

- **Définition :**

La **cardinalité** d'un type d'associations par rapport à un type d'entités est le nombre de participations d'une entité du type d'entités considéré au type d'associations.

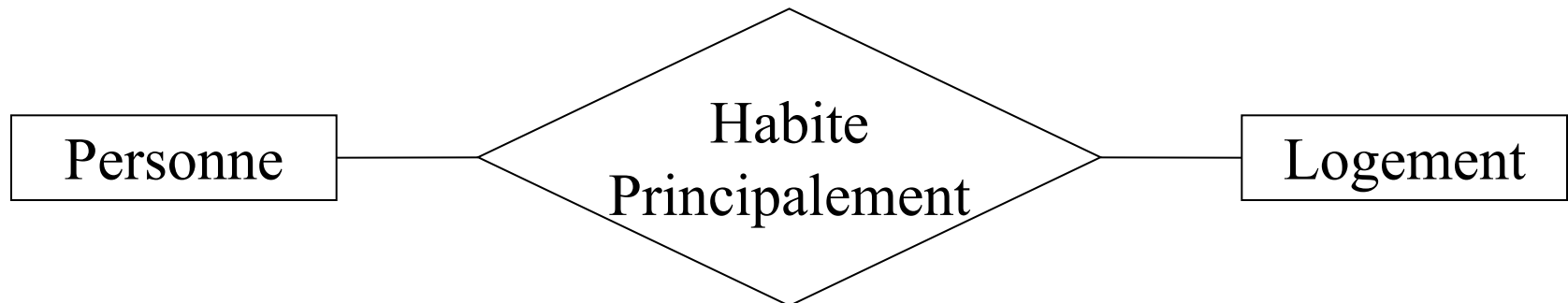
- **Définition :**

La **cardinalité minimale** (resp. **maximale**) d'un type d'associations par rapport à un type d'entités est le nombre **minimum** (resp. **maximum**) de participations d'une entité du type d'entités considéré au type d'associations.

Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations – exemple (1/4)

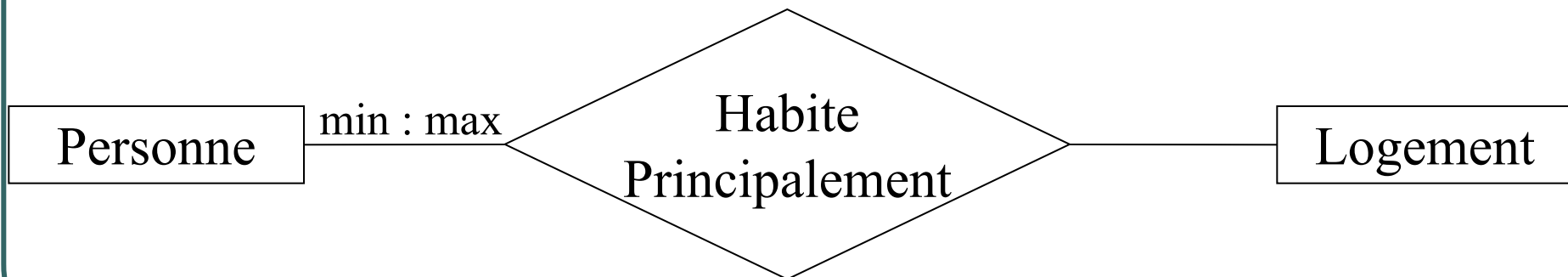
- Considérons :
 - deux types d'entités (« **Personne** » et « **Logement** ») et
 - un type d'associations binaire (« **Habite Principalement** »).



Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations – exemple (2/4)

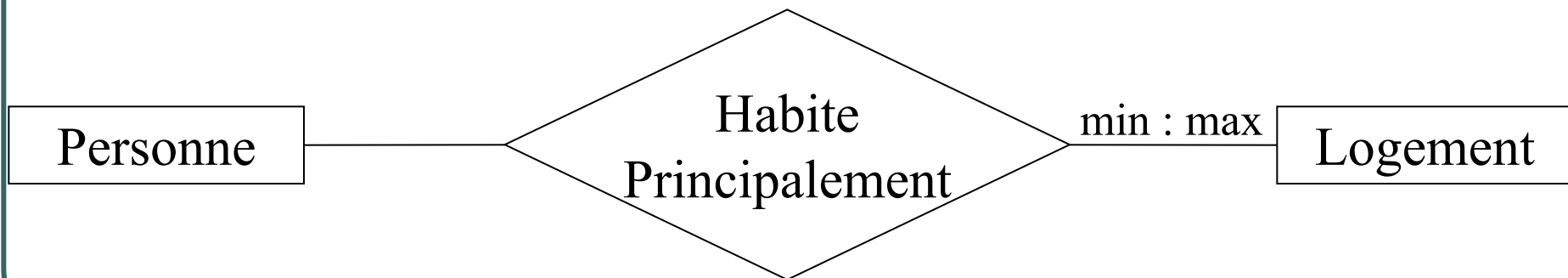
- La cardinalité (minimale et maximale) du type d'associations « Habite Principalement » par rapport au type d'entités « Personne » est déterminé par la réponse aux deux questions suivantes :
 - Combien une personne peut avoir d'habitations principales **au minimum** à la fois ?
 - Combien une personne peut avoir d'habitations principales **au maximum** à la fois ?



Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations – exemple (3/4)

- La cardinalité (minimale et maximale) du type d'associations « Habite Principalement » par rapport au type d'entités « Logement » est déterminé par la réponse aux deux questions suivantes :
 - Combien de personnes **au minimum** habitent dans un logement donné ?
 - Combien de personnes **au maximum** habitent dans un logement donné ?



Éléments de base du modèle EA :

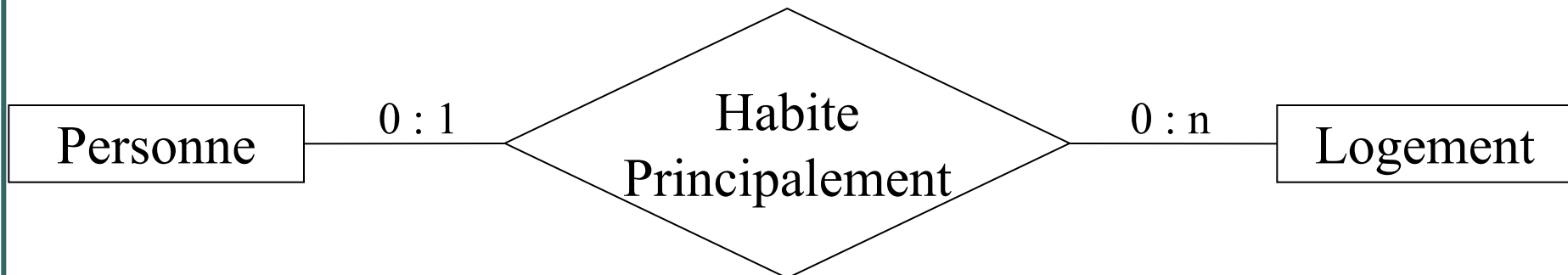
cardinalité d'un type d'associations – remarques

- Une cardinalité minimale est presque toujours soit 0, soit 1 :
 - cependant, dans de rares cas, on peut avoir une cardinalité minimale égale à n .
- Une cardinalité maximale est toujours soit 1, soit n :
 - on dira alors que si la réponse à la question est une valeur strictement supérieure à 1 (par exemple 2) alors, la cardinalité est n .

Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations – exemple (4/4)

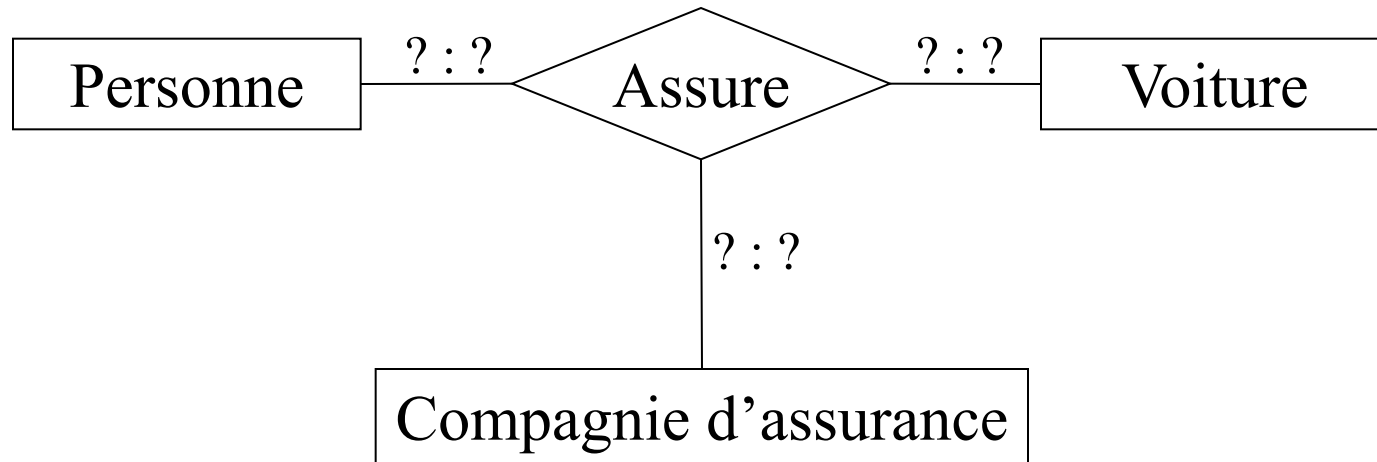
- Dans l'exemple précédent, les cardinalités sont les suivantes :
 - une personne peut avoir combien d'habitations principales **au minimum** à la fois ? 0
 - une personne peut avoir combien d'habitations principales **au maximum** à la fois ? 1
 - Combien de personnes **au minimum** habitent dans un logement donné ? 0
 - Combien de personnes **au maximum** habitent dans un logement donné ? n



- Les cardinalités sont des contraintes sur les données.

Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations – exercice (1/3)



● Questions :

- Quelles sont les questions pour connaître les cardinalités sur le schéma précédent ?
- Déterminer toutes les cardinalités.

Éléments de base du modèle EA :

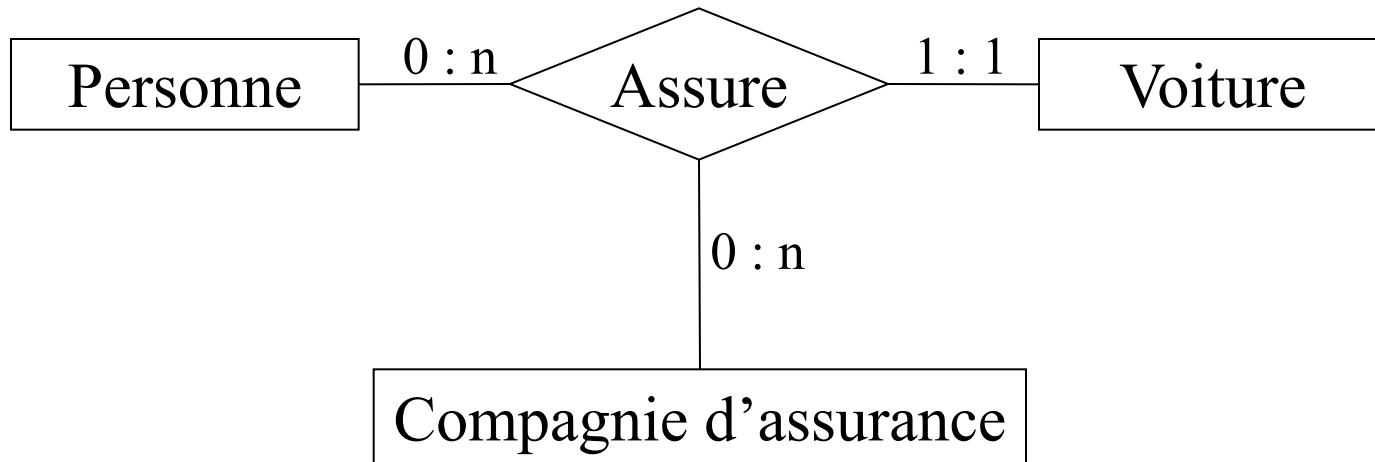
cardinalité d'un type d'associations – exercice (2/3)

- Les questions pour connaître les cardinalités sur le schéma précédent :
 - « **Compagnie d'assurance** » / « **Assure** » :
 - Combien de voitures **au minimum** sont assurées par une compagnie d'assurance ? **0**
 - Combien de voitures **au maximum** sont assurées par une compagnie d'assurance ? **n**
 - « **Voiture** » / « **Assure** » :
 - Combien de fois **au minimum** une voiture peut être assurée ? **1**
 - Combien de fois **au maximum** une voiture peut être assurée ? **1**
 - « **Personne** » / « **Assure** » :
 - Combien d'assurances **au minimum** une personne peut prendre concernant les voitures ? **0**
 - Combien d'assurances **au maximum** une personne peut prendre concernant les voitures ? **n**

Éléments de base du modèle EA :

cardinalité d'un type d'associations – exercice (3/3)

Schéma avec les cardinalités :



Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
 - Entités
 - Associations
 - Cardinalité d'un type association
 - Attributs
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Éléments de base du modèle EA :

attributs : introduction

- **Qui peut avoir des attributs ?**

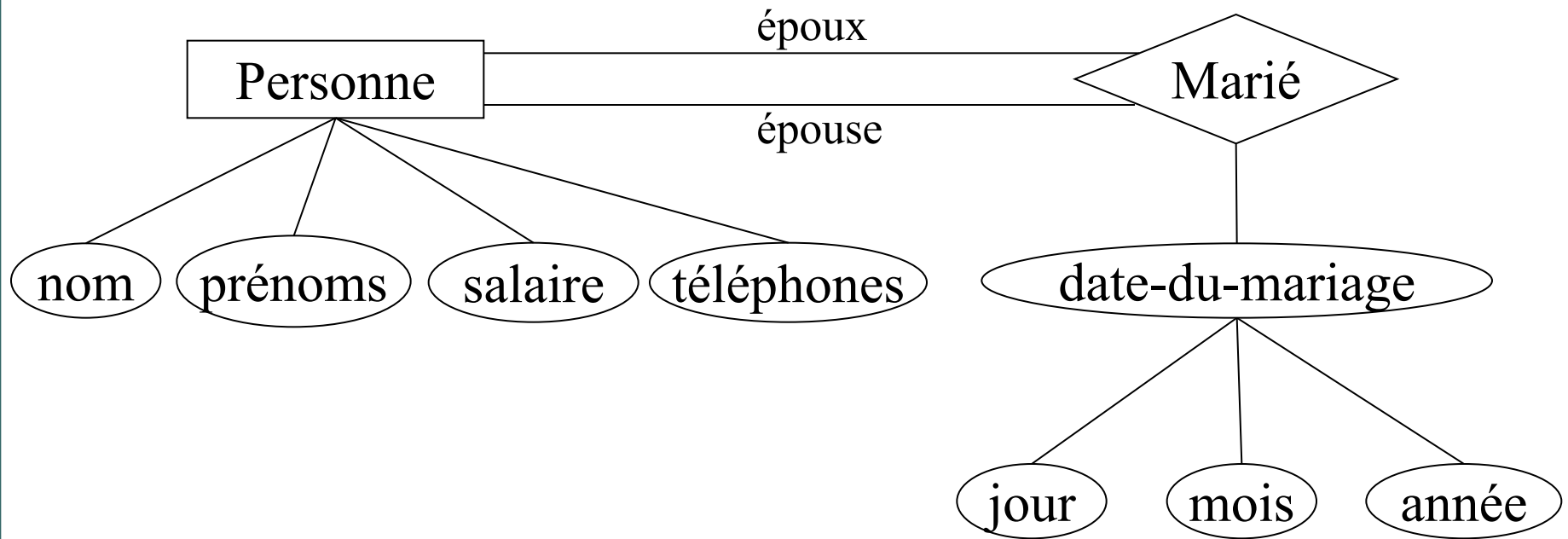
- Les ensembles d'entités et les ensembles d'associations peuvent avoir des attributs.
- Les attributs peuvent eux-mêmes avoir des attributs.

- **Quelle est le rôle d'un attribut ?**

- Les attributs décrivent les propriétés associées à :
 - un type d'entités,
 - un type d'associations,
 - un autre attribut.

Éléments de base du modèle EA :

attributs : exemple



Exemples de domaines :

- pour l'attribut « jour » : [1..31]
- pour l'attribut « mois » : [1..12]

Éléments de base du modèle EA :

attributs : définition

● Définition :

- Un **attribut** est une fonction qui prend ses valeurs dans
 - l'ensemble des entités,
 - l'ensemble des associations ou
 - l'attribut auquel il se rapporte et qui associe à chacune des valeurs un élément du *domaine de l'attribut*.
- Un **attribut** porte un **nom** et il lui est associé un **domaine**.

● Remarques :

- Un attribut est toujours associé :
 - soit à un ensemble d'entités,
 - soit à un ensemble d'associations,
 - soit à un autre attribut et
- Un attribut est représenté graphiquement par un **ovale**.



nom

Éléments de base du modèle EA :

domaine d'un attribut : définition

- **Définition :**
Le **domaine** d'un attribut est l'ensemble des valeurs autorisées.
- **Exemple :**
Le numéro de téléphone doit être un nombre entier positif composé de dix chiffres.

Éléments de base du modèle EA :

précision de la définition d'une entité

- Une **entité** est représentée par l'ensemble des attributs **valués** qui la décrivent.
 - Chaque entité contient dans sa description un ensemble de couples : (attribut, valeur).
 - Il existe un couple pour chaque attribut de l'entité.
- **Exemple :**
 - Une entité représentant un consommateur particulier a dans sa description l'ensemble :

```
{      (nom                , Harris),  
      (num_sécurité_sociale, 2 45 07 15 093 111 53),  
      (rue                  , des lumières),  
      (ville                 , Toulouse)   }
```

Éléments de base du modèle EA : attributs

- **Remarque sur les attributs d'un ensemble d'associations :**
 - Un ensemble d'associations peut également (de la même façon que les ensembles d'entités) avoir des attributs descriptifs.
- **Exemple :**
 - la date de l'ouverture du compte pourrait être un attribut de l'ensemble d'associations « **Ouvre** ».

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
 - Entités
 - Associations
 - Cardinalité d'un type association
 - Attributs
 - Attributs simples et complexes
 - Cardinalité des attributs
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

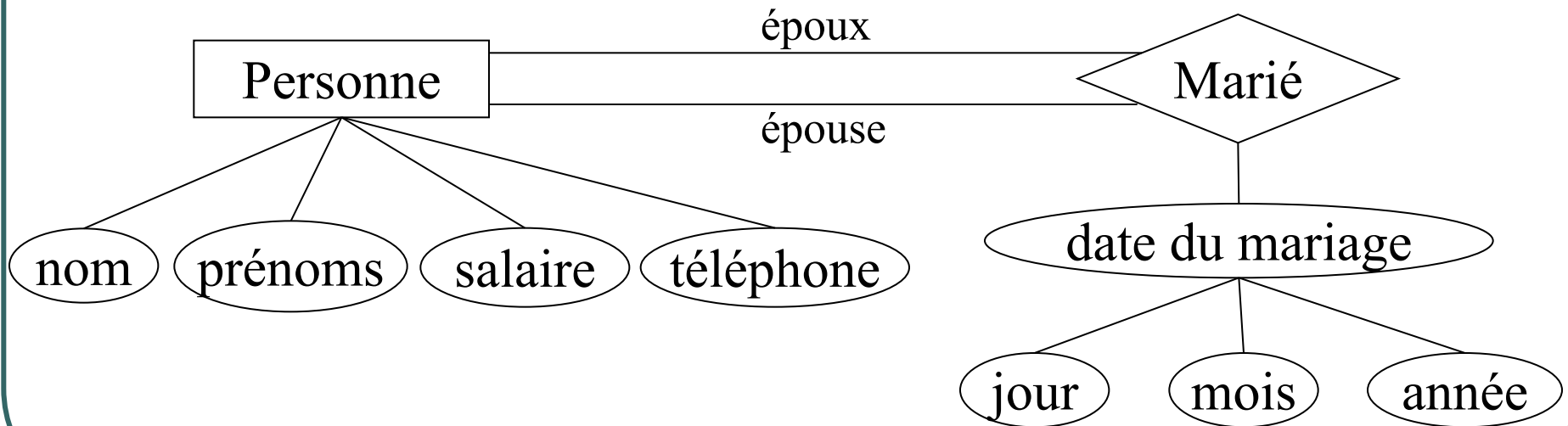
Éléments de base du modèle EA : attributs simples (1/2)

- **Définition :**

Un **attribut simple** (ou **atomique**) est un attribut non décomposable.

- **Exemple :**

- « jour », « prénoms », etc.



Les éléments de base du modèle EA : attributs simples (2/2)

- Le **domaine de valeurs d'un attribut simple** est constitué de valeurs atomiques.
- **Exemple :**
 - L'attribut jour, dont le domaine de valeurs est $\{1, 2, \dots, 31\}$, est un attribut simple.
- **Remarque :**
 - Les attributs dont le domaine est un domaine prédéfini standard du type intervalle ou énuméré par exemple sont des attributs simples.

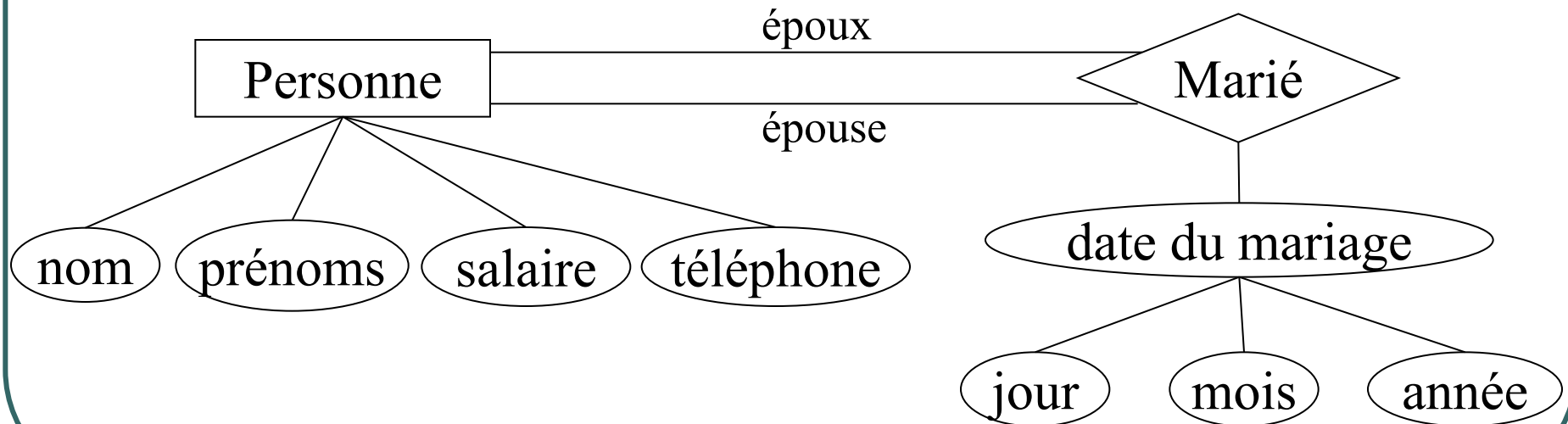
Éléments de base du modèle EA : attributs complexes (1/2)

- **Définition :**

- Un **attribut complexe** (ou **composé**) peut être décomposé en d'autres attributs (simples ou complexes).

- **Exemple :**

- « date du mariage » (jour, mois, année)



Éléments de base du modèle EA : attributs complexes (2/2)

- **Remarques :**

- Un attribut complexe ne porte pas de valeur propre (pas de domaine directement associé).
- La valeur d'un attribut complexe est la composition des valeurs de ses attributs composants.
- Un composant d'attribut complexe peut être lui-même un attribut complexe.

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
 - Entités
 - Associations
 - Cardinalité d'un type association
 - Attributs
 - Attributs simples et complexes
 - Cardinalité des attributs
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Éléments de base du modèle EA : cardinalités des attributs (1/5)

- **Définition d'un attribut monovalué :**

Un **attribut monovalué** est un attribut qui a toujours une seule valeur par occurrence (cardinalité max=1).

- **Exemple :**

Les attributs « jour », « nom » sont monovalués.

- **Définition d'un attribut multivalué :**

Un **attribut multivalué** est un attribut qui peut avoir plusieurs valeurs par occurrence (cardinalité max>1).

- **Exemple :**

Les attributs “prénoms” et “téléphones” sont multivalués.

Éléments de base du modèle EA : cardinalités des attributs (2/5)

- **Remarques :**
 - Une valeur d'attribut multivalué est un ensemble (ou liste ou multi-ensemble) de valeurs, prises chacune dans le domaine de valeurs associé à l'attribut.
 - Seuls les attributs simples peuvent être qualifiés de monovalués ou multivalués.

Éléments de base du modèle EA : cardinalités des attributs (3/5)

- **Définition d'un attribut obligatoire :**

Un **attribut obligatoire** est tel qu'au moins une valeur est associée à chaque occurrence (cardinalité min \geq 1).

- **Exemple :**

« nom », « prénoms ».

- **Définition d'un attribut facultatif :**

Un **attribut facultatif** est tel qu'une occurrence peut ne pas prendre de valeur (cardinalité min=0).

- **Exemple :**

« salaire »

Éléments de base du modèle EA : cardinalités des attributs (4/5)

- **Résumé :**

- Le caractère minimal de la cardinalité est associé au caractère facultatif ou obligatoire de l'attribut.
- Le caractère maximal de la cardinalité est associé au caractère monovalué ou multivalué de l'attribut.

Éléments de base du modèle EA : cardinalités des attributs (5/5)

- **Remarque :**

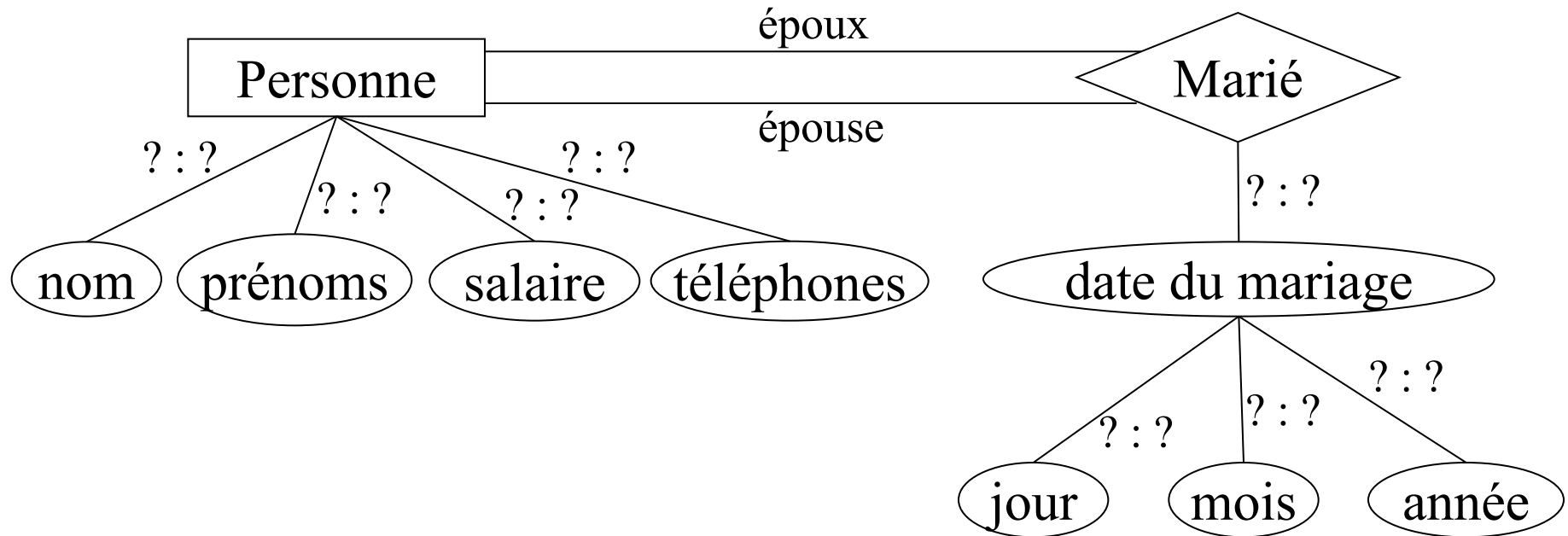
On utilisera la même représentation graphique pour représenter le caractère cardinalité d'un attribut que pour représenter la cardinalité d'un type d'associations par rapport à un type d'entités.

- **Exemple :**

- « nom d'une personne » aura le caractère 1:1
- « prénoms d'une personne » aura le caractère 1:n
- « résidence principale » aura le caractère 0:1.

Éléments de base du modèle EA :

cardinalités des attributs : exercice (1/2)

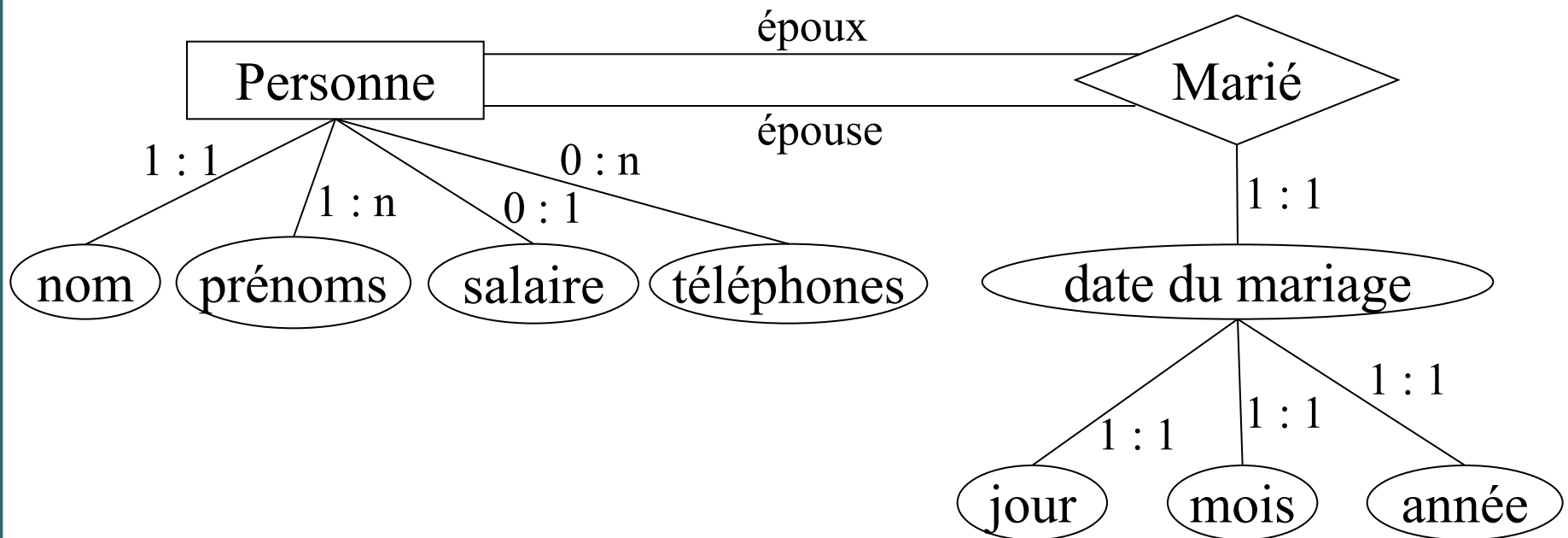


● Question :

- Quelles sont les cardinalités des attributs sur le schéma précédent ?

Éléments de base du modèle EA :

cardinalités des attributs : exercice (2/2)



Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- **Identifiant des TE/TA**
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Identifiants des TE/TA (1/3)

- **Définition :**

- Un **identifiant** d'un TE (ou TA) est un ensemble minimum d'attributs tel qu'il n'existe pas deux occurrences du TE (ou TA) qui ont la même valeur pour ces attributs.
- Autrement dit, un **identifiant** d'un TE (resp. d'un TA) est un ensemble minimal d'attributs du type permettant de distinguer une entité (resp. une association) d'une autre du même type.

- **Remarque :**

- Un TE, comme un TA, peut avoir plusieurs identifiants.

- **Exemple :**

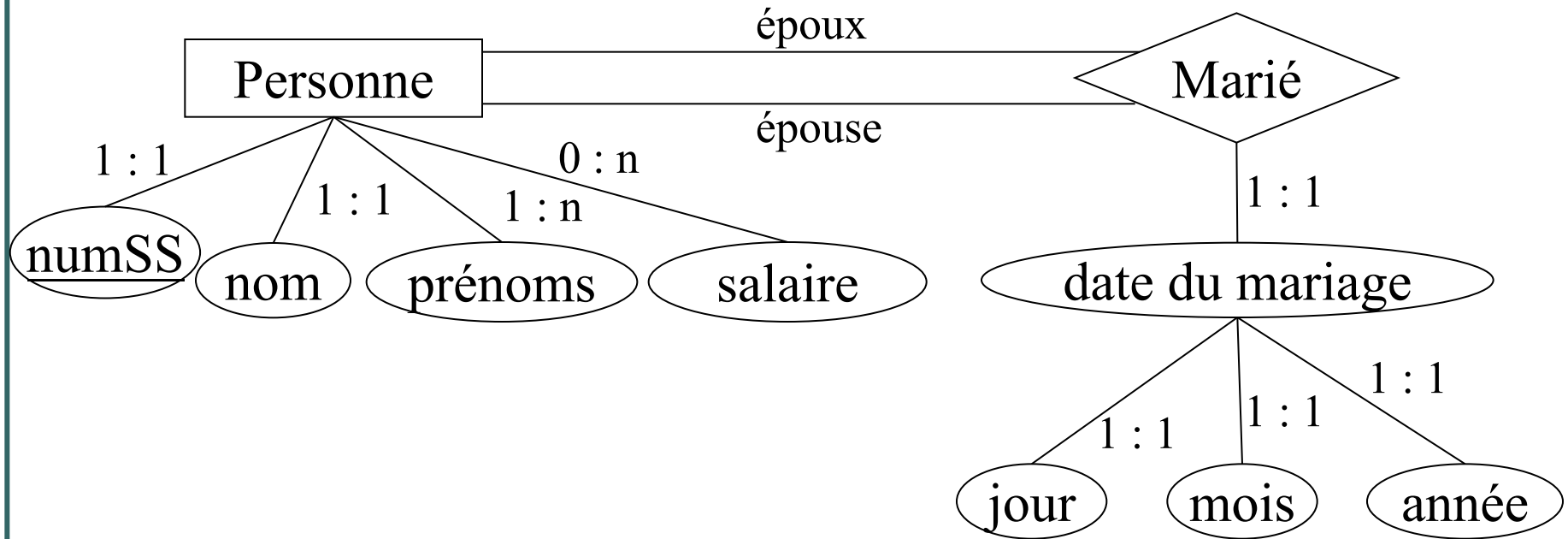
- (« numEmployé ») et (« nom », « prénoms ») sont deux identifiants du TE « Employé », si dans cette entreprise :
 - il n'y a jamais deux employés ayant les mêmes noms et prénoms, et
 - le même numéro.

Identifiants des TE/TA (2/3)

- Les **identifiants des TE** peuvent être représentés sur le diagramme en les **soulignant**.
 - Attention à distinguer l'existence de deux identifiants de celle d'un identifiant composé de deux attributs.
- Par contre, pour ne pas surcharger le diagramme, les **identifiants des TA** sont en général précisés **textuellement en commentaire** du diagramme.

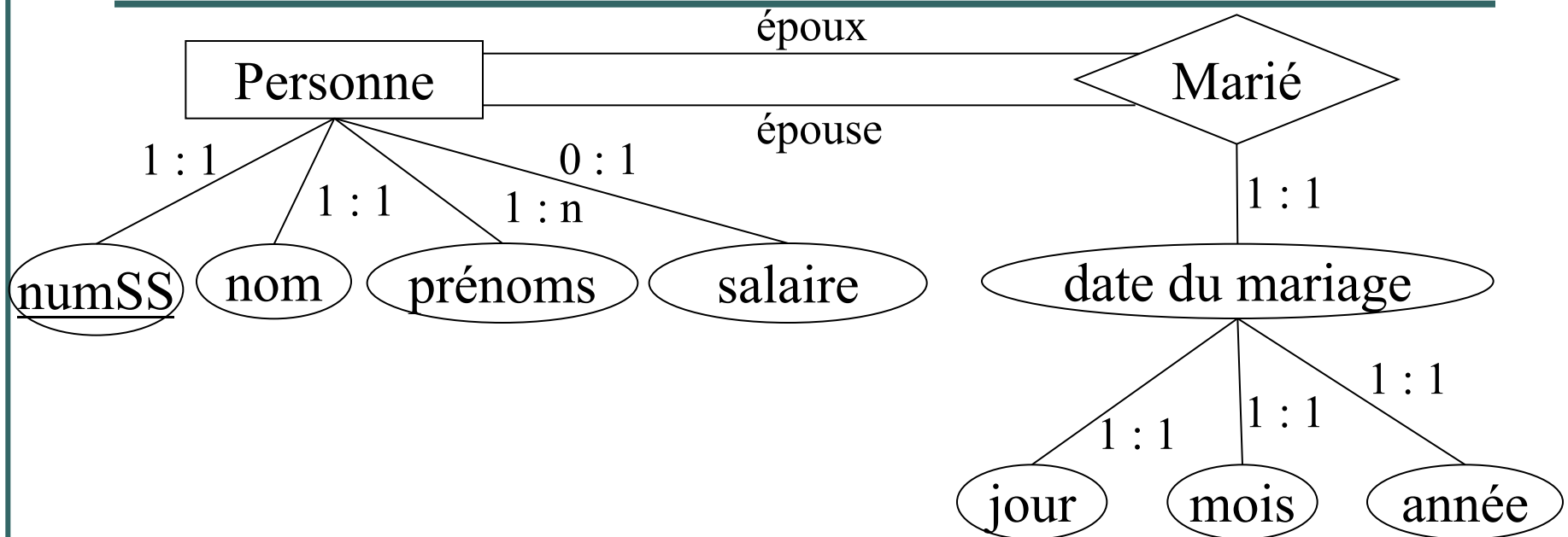
Identifiants des TE/TA (3/3) :

exemple (1/2)



- Une occurrence du TA « **Marié** » est un triplet :
 - < « un époux », « une épouse », « date de mariage » >
- Comme l'attribut « **numSS** » est l'identifiant de « **Personne** », TA « **Marié** » possède deux identifiants :
 - « époux.numSS » et « épouse.numSS ».

Identifiants des TE/TA (3/3) : exemple (2/2)



- Cette modélisation de mariage n'est valable que si la population du TA « **Marié** » ne contient que les mariages en cours (on ne garde pas l'historique).
- Si le TA « **Marié** » conservait l'historique (les mariages passés), les cardinalités des deux rôles seraient 0,n et les identifiants du TA seraient:
 - (époux.numSS, date du mariage) et (épouse.numSS, date du mariage)

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- **Identifiant des TE/TA**
 - Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA
 - Identifiant d'un TE faible
 - TE sous-type
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA (1/5)

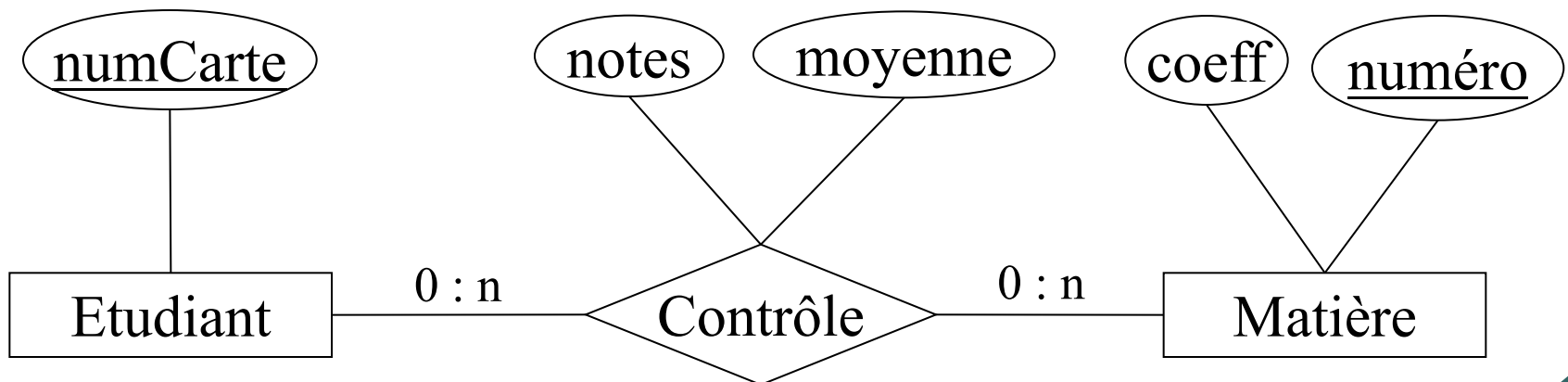
- Règle 1 :

Un TA dont tous les rôles ont une cardinalité maximum supérieure à 1, a souvent (mais pas toujours) un identifiant qui est constitué de l'ensemble des identifiants des TE liés.

Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA (2/5)

● Exemple de la Règle 1:

- Soit un TA « Contrôle » qui représente les résultats acquis, à ce jour, par un étudiant dans une matière. Ce TA possède deux attributs : « moyenne » et « notes ».
- En supposant que les identifiants des TE soient ceux indiqués sur le diagramme, l'identifiant du TA « Contrôle » est :
(Etudiant.numCarte, Matière.numéro)



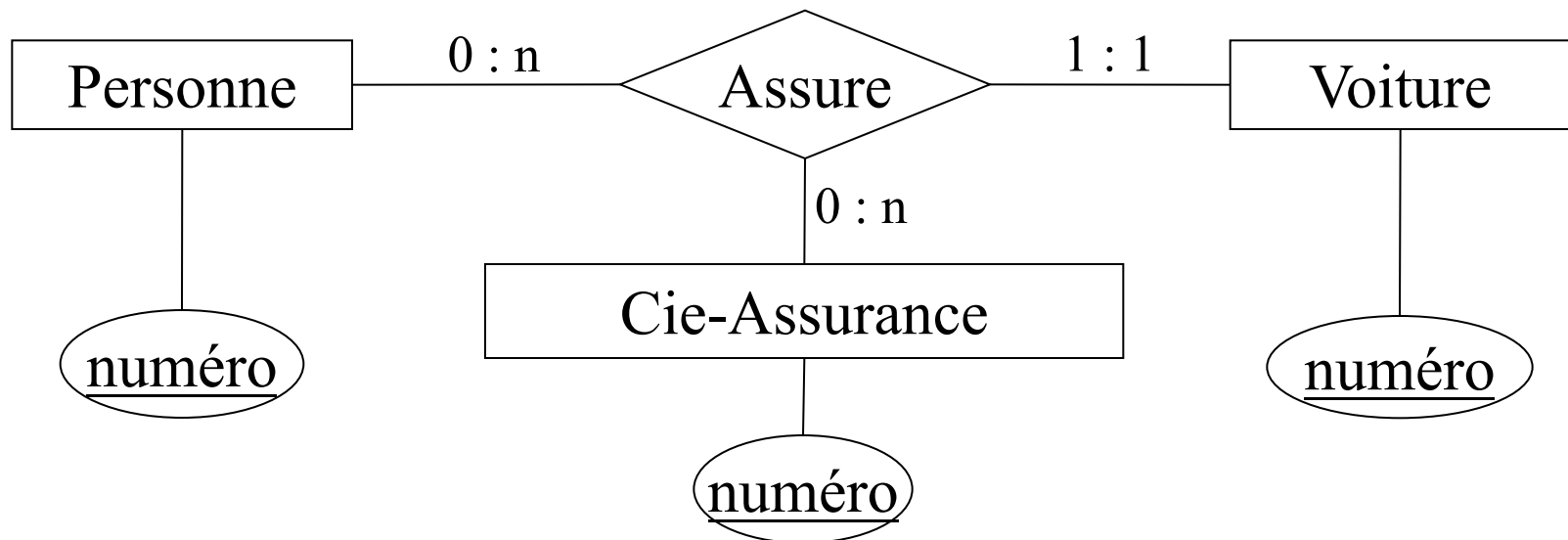
Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA (3/5)

- **Règle 2 :**

Si le TA a une cardinalité maximum égale à 1 pour un des TE liés, alors tout identifiant de ce TE est identifiant du TA.

Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA (4/5)

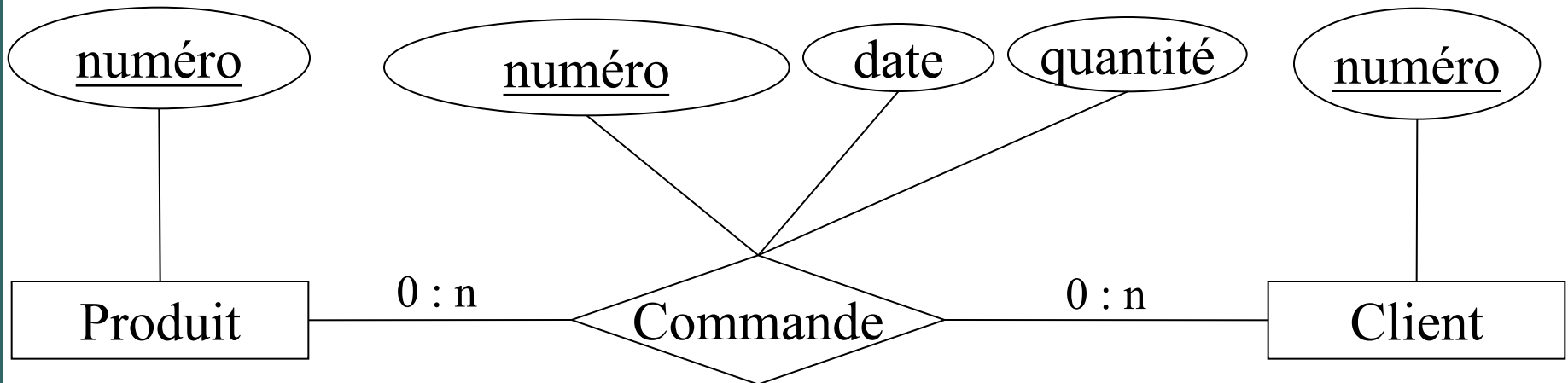
- L'identifiant du TA « Assure » n'est pas
(Personne.numéro, Cie-Assurance.numéro, Voiture.numéro)
car ce triplet ne constitue pas un ensemble minimal.
- En effet, l'attribut « numéro » de « Voiture » suffit, à lui seul, pour identifier une occurrence « Assure ».
- Ceci est dû à la cardinalité 1,1 du rôle de « Voiture » dans le TA, qui garantit que pour une valeur de « numéro » de « Voiture » il n'y aura qu'une seule occurrence « Assure » avec cette valeur de « numéro » de « Voiture ».



Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA (5/5)

- **Règle 3 (explication par l'exemple) :**

- Une autre règle peut être établie pour les cas où plusieurs occurrences du TA lient les mêmes occurrences des TE.
- Dans l'exemple ci-dessous, plusieurs commandes peuvent être passées par un même client pour un même produit à des dates différentes.
- Dans ce cas l'identifiant du TA contient au moins un attribut du TA.



- Le TA « **Commande** » a ici deux identifiants possibles :
 - (Produit.numéro, Client.numéro, date) et
 - Comande.numéro

Plan






- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- **Identifiant des TE/TA**
 - Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA
 - Identifiant d'un TE faible
 - TE sous-type
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Identifiant d'un TE faible (1/3)

- **Définition :**

- Un **TE** est dit **faible** (ou **dépendant**) si :
 - aucun sous-ensemble de ses attributs ne constitue un identifiant, et
 - qu'un identifiant peut être défini en intégrant un identifiant d'un autre TE' qui lui est lié par un TA binaire de cardinalité (1,1) pour TE. On dit dans ce cas que TE dépend de TE'.
- Un **TE** qui n'est pas faible est appelé **fort** (ou **régulier**).

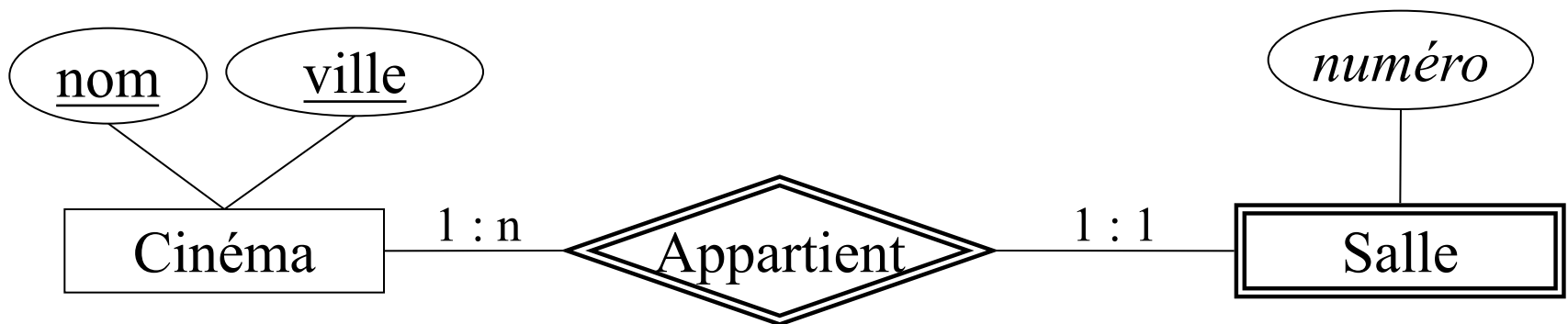
Identifiant d'un TE faible (2/3)

- **Représentations graphiques :**
 - Un type d'entités faible est représenté par un rectangle avec un double bord : 
 - Un type association, qui relie l'entité faible à celle dont elle dépend, est représenté par un losange à double bord : 
 - L'identificateur partiel de l'entité faible est souligné en pointillés : 

Identifiant d'un TE faible (3/3)

- **Exemple :**

- « Salle » (qui représente une salle d'un cinema) est un TE faible (« NoSalle » n'est pas un identifiant) car il dépendant du TE « Cinéma ».
- On dit que « Salle » dépend de « Cinéma » car, du fait des cardinalités, il n'est pas possible de créer une occurrence de « Salle » sans la rattacher à une occurrence existante de « Cinéma ».
- Ce type de dépendance est appelé **dépendance d'existence**.



Règles pour déterminer l'identifiant d'un TE faible (1/2)

- **Règle 1 :**

L'identifiant d'un TE faible (qui est le même que celui du TA) est constitué de l'identifiant du TE dont il dépend et d'un (ou plusieurs) attribut(s) du TE faible.

- **Exemple :**

- L'identifiant du TE « Salle » (et du TA « Appartient ») est :
(Cinéma.nom, Cinéma.ville, numéro)

Plan



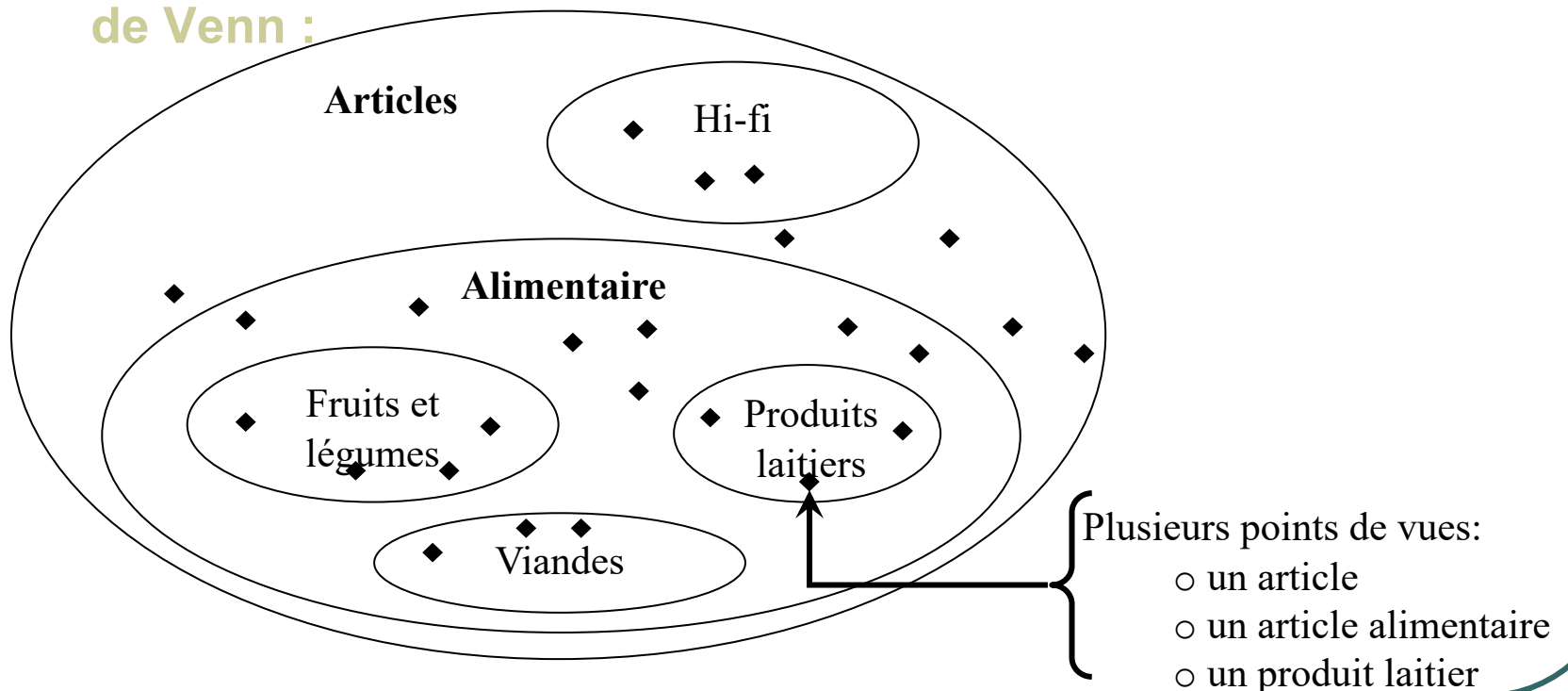
- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- **Identifiant des TE/TA**
 - Règles pour déterminer l'identifiant d'un TA
 - Identifiant d'un TE faible
 - TE sous-type
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

TE sous-type (1/5)

- **Définition :**

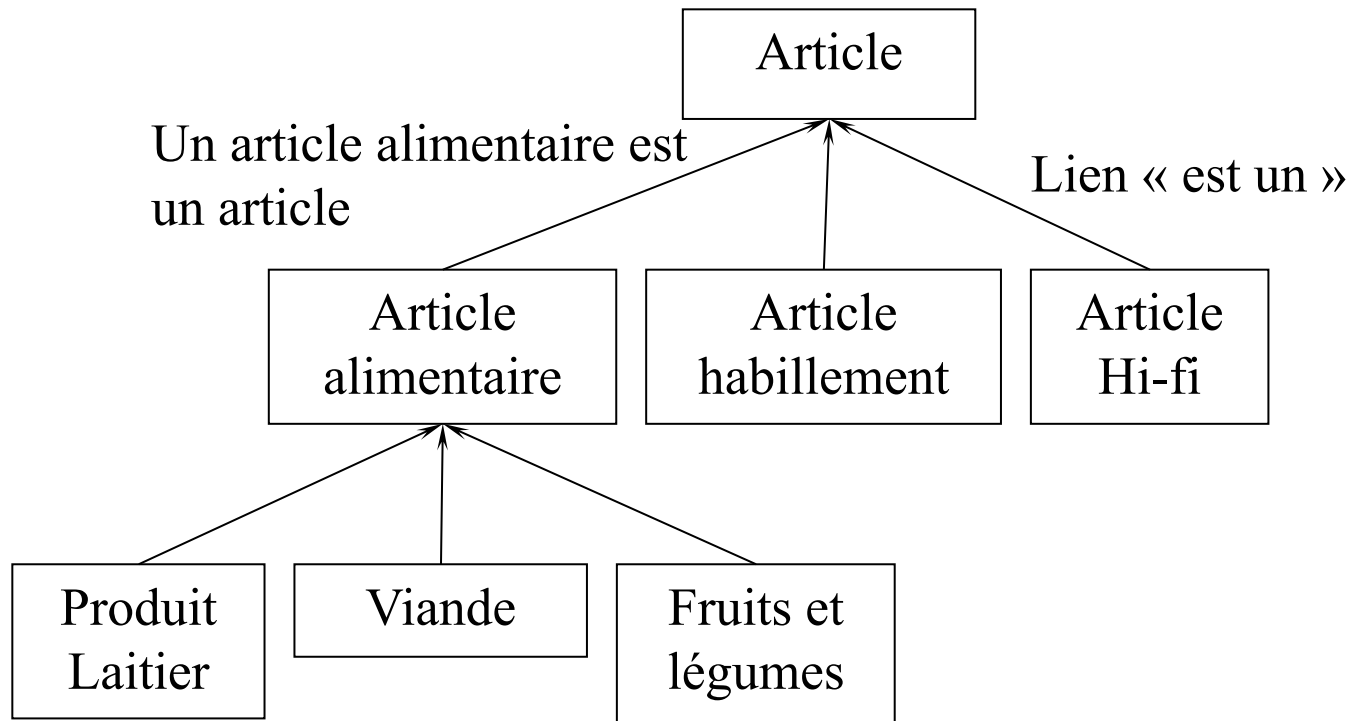
Un **TE sous-type** E d'un autre TE E' est un TE dont les entités constituent un sous-ensemble du TE E'.

- **Exemple de sous-types représentés à l'aide d'un diagramme de Venn :**



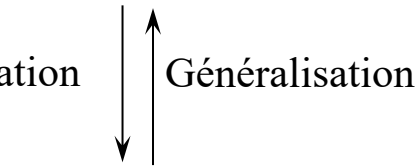
TE sous-type (2/5)

- Exemple de sous-types représentés sous forme hiérarchique :

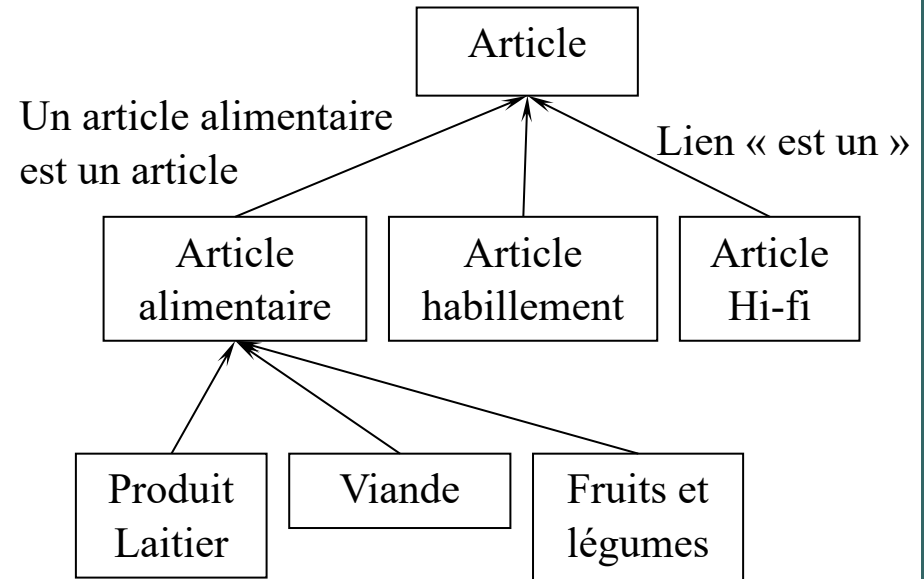


TE sous-type (3/5) : notions de généralisation/spécialisation

TE générique



TE spécifique



Raffinement de classification

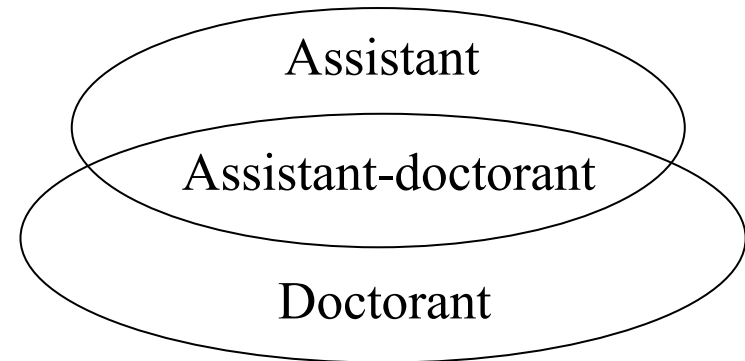
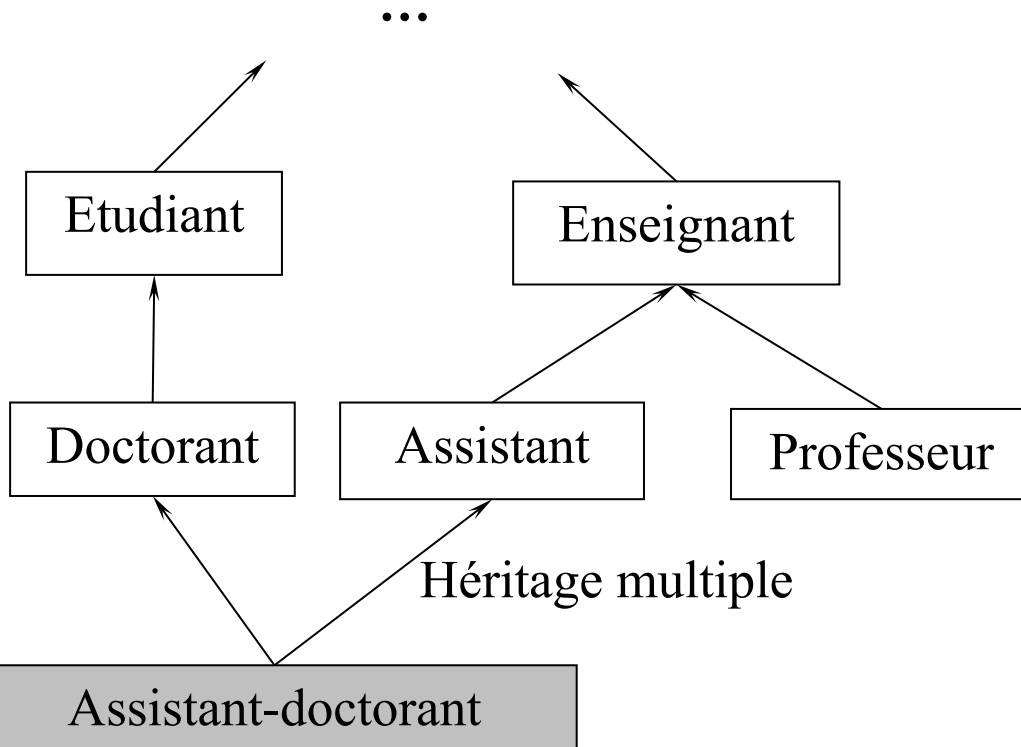
On dit que :

- « Article » est un TE générique par rapport au TE « Article alimentaire » ,
- « Article alimentaire » est un TE spécifique par rapport au TE « Article » ,
- « Article alimentaire » est un TE générique par rapport au TE « Produit laitier » .

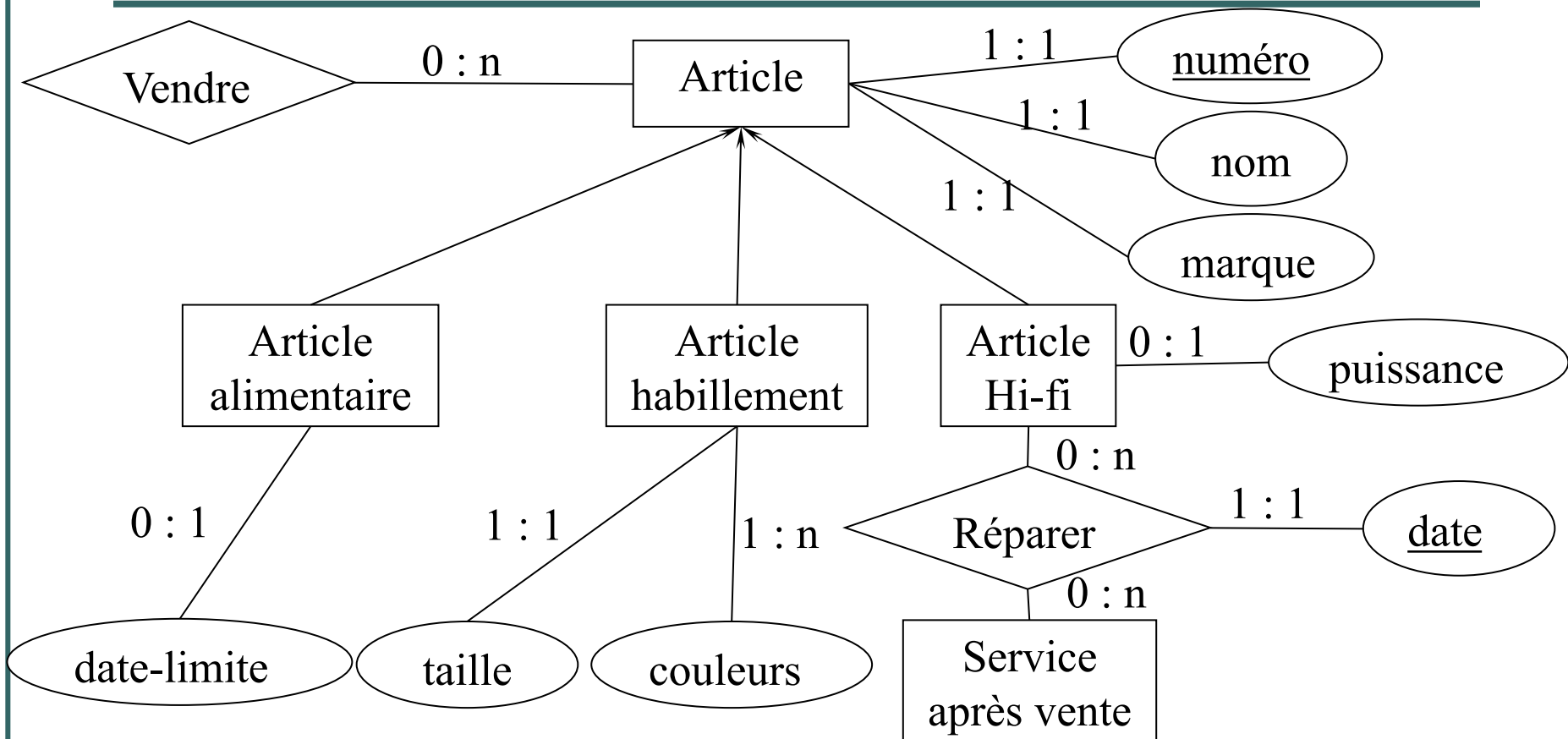
Règles pour déterminer l'identifiant d'un TE sous-type

- **Règle 1 :**
 - Soit E un TE sous-type du TE E', alors tout identifiant de E' est aussi identifiant de E.
- **Règle 2 :**
 - E n'a pas nécessairement d'identifiant qui lui soit propre.
- **Exemple :**
 - Dans l'exemple de l'hypermarché, « Article alimentaire », « Article habillement » et « Article Hi-Fi » ont tous les trois pour identifiant celui de « Article » (« numéro »).

TE sous-type (4/5) : généralisation multiple



TE sous-type (5/5) : héritage



- La description des sous-types ne porte que sur les informations additionnelles propres au sous-type.

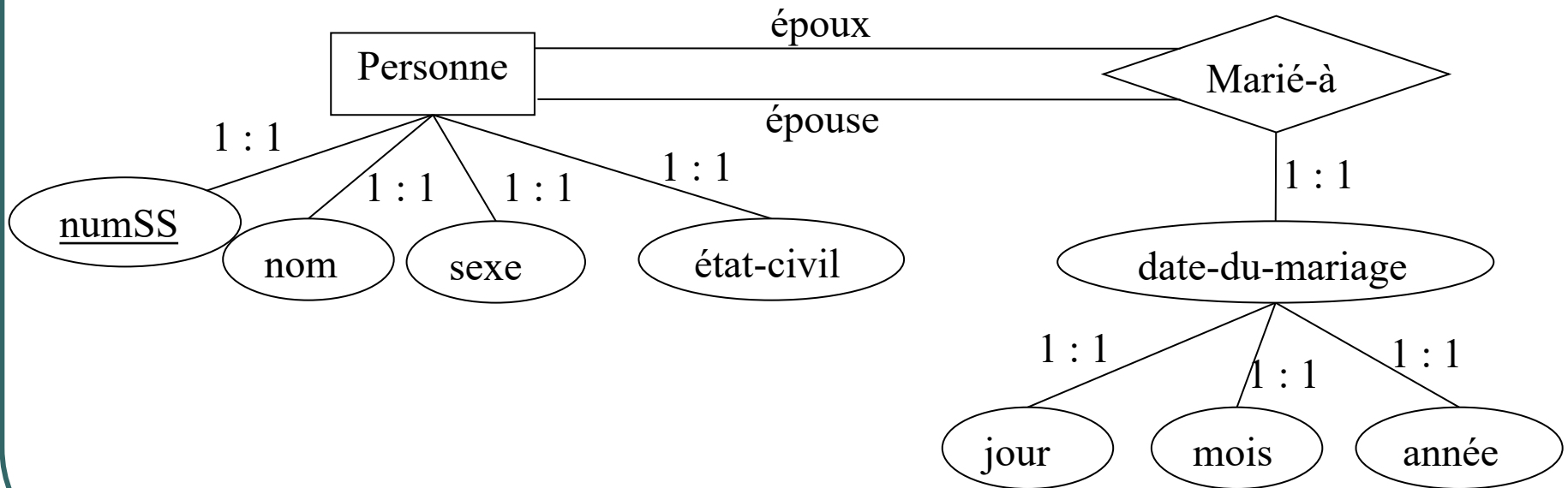
Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Contraintes d'intégrité (CI) (1/5)

- Les concepts d'entité, d'association, d'attribut et de sous-type ne suffisent pas à décrire tout ce qui caractérise les données d'un schéma EA.
- Exemple :



Contraintes d'intégrité (CI) (2/5)

- Une règle connue mais non exprimée par ce diagramme est :
 - si une entité de « **Personne** » participe à l'association « **Marié-à** », alors la valeur de son attribut « **état-civil** » doit être « **marié** ».
- Un formalisme possible, inspiré de la logique du premier ordre, pour cette règle est :
 - $\exists x, y \in \text{Personne}, \langle x, y \rangle \in \text{Marié à} .$
[$x.\text{état-civil} = \text{« marié »} \wedge y.\text{état-civil} = \text{« marié »}$]
(soient x et y deux entités quelconques de « **Personne** », alors, le fait que la paire $\langle x, y \rangle$ forme une occurrence de « **Marié à** » implique que l'attribut « **état-civil** » dans les entités x et y a la valeur « **marié** »)

Contraintes d'intégrité (CI) (3/5)

- D'autres règles possibles s'appliquant à cet exemple sont :
 - Seuls les hommes peuvent participer à l'association « Marié à » dans le rôle « époux ».
 - $\exists x, y \in \text{Personne}, \langle x:\text{époux}, y \rangle \in \text{Marié-à} . [x.\text{sexe} = \text{« M »}]$
 - Seules les femmes peuvent participer à l'association « Marié à » dans le rôle « épouse ».
 - $\exists x, y \in \text{Personne}, \langle x, y:\text{épouse} \rangle \in \text{Mariage} . [y.\text{sexe} = \text{« F »}]$
 - Si l'état-civil d'une personne est « marié », celui-ci ne peut être changé en « célibataire ».
 - $\exists x \in \text{Personne}, \exists t_1, t_2 \in \text{Temps} . [t_2 > t_1 \wedge x(t_1).\text{état-civil} = \text{« marié »} \Rightarrow x(t_2).\text{état-civil} \neq \text{« célibataire »}]$

Contraintes d'intégrité (CI) (4/5)

- **Définition :**

- Les règles, définissant les états (ou transitions d'état) possibles de la base de données et qui ne peuvent pas être décrites avec les concepts du modèle, sont appelées **contraintes d'intégrité**.

- **Les contraintes d'intégrité peuvent :**

- soit être les règles définissant les états de la base de données,
 - elles sont dans ce cas appelées **contraintes d'intégrité statiques**.
- soit être les règles définissant les transitions entre deux états de la base de données,
 - elles sont dans ce cas appelées **contraintes d'intégrité dynamiques**.

Contraintes d'intégrité (CI) (5/5)

● Remarques :

- Les contraintes d'intégrité doivent être **décrites explicitement** (avec un langage approprié) si elles ne peuvent pas être décrites avec les concepts du modèle de données.
- Une **BD est cohérente** si **toutes les CI définies sont respectées** par les valeurs de la base de données.
- Si les valeurs de la base de données ne satisfont pas ces contraintes, il y a une **"erreur"** dans la base de données. On dit que **la base de données est incohérente**.
- Lors du passage au schéma logique (celui implanté sur le SGBD), les contraintes d'intégrité peuvent être implémentées :
 - par des prédicats de contraintes (par exemple les **CHECK** de SQL),
 - par des procédures déclenchées automatiquement (par exemple les **TRIGGERS** de SQL) ou
 - par des procédures associées au schéma (par exemple les **"stored procedures"** de SQL).

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
 - Contraintes d'intégrité sur les attributs
 - Contraintes d'intégrité sur les cardinalités
 - Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Contraintes d'intégrité sur les attributs (1/3)

- Les contraintes d'intégrité les plus fréquentes limitent les valeurs possibles d'un attribut à certaines valeurs du domaine sous-jacent.
- **Exemple :**
 - « age » $\in [0,130]$
 - Il s'agit ici d'une limitation définissant de façon fixe une même fourchette pour toutes les valeurs de l'attribut « age ».
- Ces contraintes disparaissent si le modèle permet une définition précise des domaines de valeurs, au lieu des définitions ne faisant appel qu'à des domaines généraux prédéfinis (entier, réel, chaîne de caractères, booléen, ...).
- Les limites peuvent être définies en fonction du contexte (valeur d'un autre attribut, participation à une association, etc.).

Contraintes d'intégrité sur les attributs (2/3)

- **Exemple :**

- Si « mois » $\in \{4, 6, 9, 11\}$ alors « jour » $\in [1,30]$, sinon si « mois »=2 alors « jour » $\in [1,29]$ sinon « jour » $\in [1,31]$.
- Si une « Personne » participe à l'association « Marié-à », alors son « état-civil » doit être « marié ».
- Une française mariée avant 1986 a pour premier nom, le nom de son mari; une française mariée après 1986 a pour premier nom son nom de jeune fille.

Contraintes d'intégrité sur les attributs (3/3)

- **Remarques :**

- Restrictions de domaine fixes :
 - âge $\in [0,130]$
- Restrictions selon le contexte :
 - Si mois $\in \{4, 6, 9, 11\}$ ALORS jour $\in [1,30]$, SINON
Si mois=2 ALORS jour $\in [1,29]$, SINON
jour $\in [1,31]$
 - $\exists x,y \in \text{Personne}, \langle x,y \rangle \in \text{Mariage} .$
[x.état-civil = « marié » & y.état-civil = « marié »]
 - $\exists x \in \text{Personne}, \exists y \in \text{Voiture}, \langle x,y \rangle \in \text{Conduit} .$
[x.âge ≥ 18]
 - $\exists x \in \text{Personne} .$
[(x.sexe=« F » OR x.age <18) \Rightarrow x.statut_milit.=NUL]

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- **Contraintes d'intégrité**
 - Contraintes d'intégrité sur les attributs
 - **Contraintes d'intégrité sur les cardinalités**
 - Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Contraintes d'intégrité sur les cardinalités

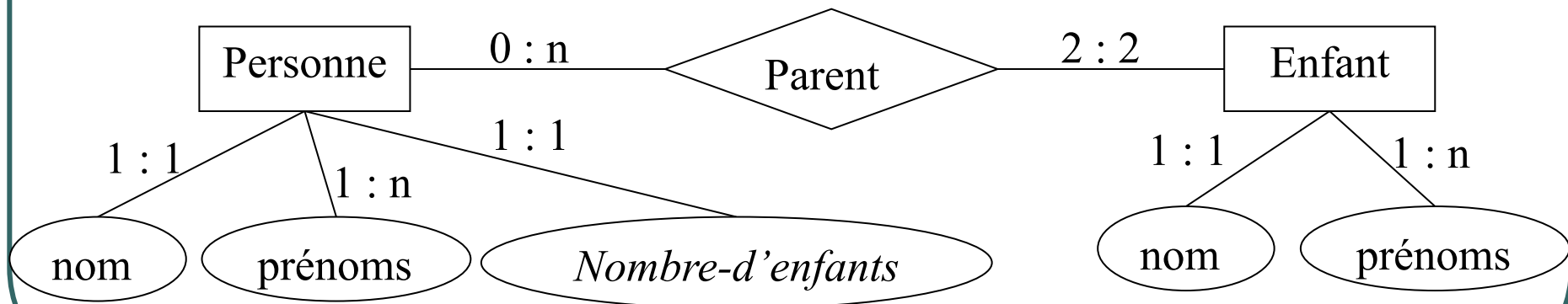
- D'autres types de contraintes d'intégrité limitent les cardinalités des TE, des TA, ou des valeurs des attributs.

- Exemple :

Soit le diagramme « Parent-Enfant » suivant. Il existe la contrainte d'intégrité :

« Nombre-d'enfants = nombre d'associations du TA « Parent » qui lient cette « Personne » »

On dit que « Nombre-d'enfants » est un attribut dérivé.



Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- **Contraintes d'intégrité**
 - Contraintes d'intégrité sur les attributs
 - Contraintes d'intégrité sur les cardinalités
 - Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations (1/4)

- Les contraintes de cette section s'appliquent aux entités étant liées par un lien « est un ».
- Dans une hiérarchie de généralisation/spécialisation, il est fréquent de trouver des contraintes d'intégrité décrivant le partage de population entre les sous-types d'un même sur-type :
 - **contrainte de couverture**, pour spécifier que l'union des populations de certains TE spécifiques d'un même TE générique est égale à la population du TE générique;
 - **contrainte de disjonction**, pour spécifier que les populations de certains TE spécifiques d'un même TE générique n'ont aucune occurrence en commun;
 - **contrainte de partition**, pour spécifier que la population d'un TE générique se distribue complètement et sans intersection entre certains de ses TE spécifiques (partition = couverture + disjonction sur les mêmes TE spécifiques).

Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations (2/4)

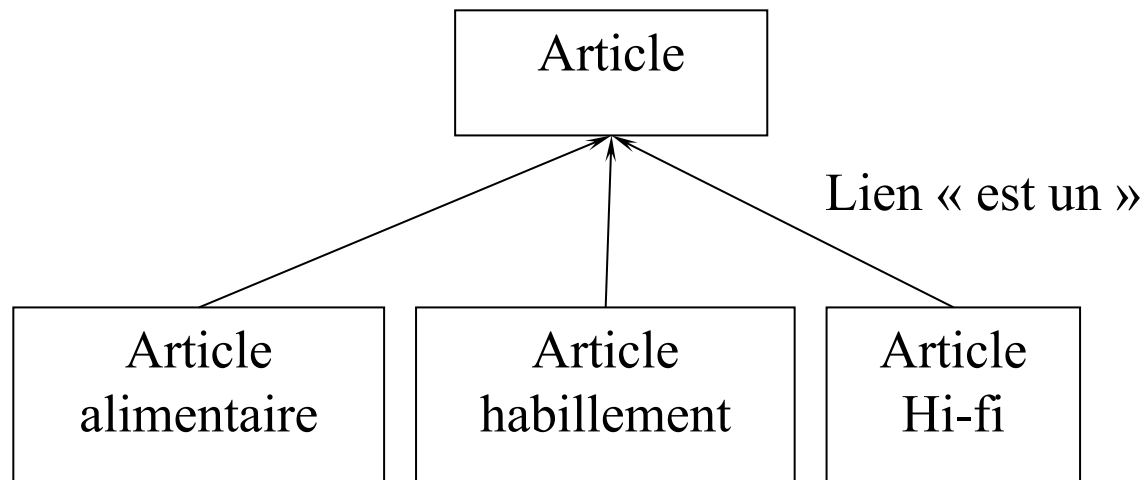
- **Exemples :**

- la contrainte de disjonction : « les articles alimentaires et les articles d'habillement n'ont pas d'instances communes »
- la contrainte de couverture : « tout article appartient à l'un des sous-types (alimentaires, d'habillement ou Hi-fi) »
- la contrainte de partition : « disjonction + couverture »

Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations (3/4)

- **Exemple :**

Dans la base de l'hypermarché, les trois sous-types de « Articles » sont *disjoints* : « un article alimentaire n'est jamais un article Hi-Fi et vice-versa ».



Contraintes d'intégrité sur les généralisations/spécialisations (4/4)

- Un autre type de contrainte peut être défini sur les groupes de sous-types issus d'un même sur-type.
- *A priori* un objet du monde réel peut se transformer et changer de représentation.
 - Par exemple, un étudiant de première année devient étudiant de seconde année, un étudiant devient assistant, etc.
- Une **contrainte** possible est de définir un groupe de **sous-types** comme **statique**.
 - **Exemple :**
Pour l'hypermarché, le groupe de sous-types d'Article est statique. Un article d'habillement ne peut pas se transformer en article Hi-Fi, etc.

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- **Schéma EA**
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Schéma EA (1/5) : définition

- Un **schéma entité-association** est entièrement décrit par les éléments suivants :
 - types d'entités,
 - types d'associations,
 - attributs,
 - liens « est un »,
 - types d'identifiant,
 - domaines d'attribut,
 - contraintes d'intégrité.

Chacun de ces éléments est décrit sur les transparents qui suivent.

Schéma EA (2/5) : description d'un TE

- Un **TE** est entièrement décrit par :
 - nom du type d'entité,
 - nom du/des type(s) d'entité(s) sur-type de ce type d'entité, s'il en existe,
 - une définition libre (commentaire) précisant la sémantique du TE,
 - caractérisation exacte de la population du type d'entité,
 - description des attributs du TE,
 - composition des identifiants du TE,
 - contraintes d'intégrité propres au TE.

Schéma EA (3/5) : description d'un TA (1/2)

- Un **TA** est entièrement décrit par :
 - nom du type d'association,
 - une définition libre (commentaire) précisant la sémantique du TA,
 - noms des TE participant au TA, avec le nom du rôle les associant au TA (uniquement pour les entités participant plusieurs fois à l'association,
 - pour chaque entité participant au TA, la cardinalité de son lien avec le TA,
 - description des attributs du TA, s'il en existe,
 - composition des identifiants du TA,
 - contraintes d'intégrité propres au TA.

Schéma EA (3/5) : description d'un TA (2/2)

- **Exemple** : TA « Affecté » (BD hypermarché)
 - **nom** : « Affecté »
 - **définition** : « lie un employé au rayon dans lequel cet employé travaille aujourd'hui ».
 - **TE participants** : « Employé », « Rayon »
 - **cardinalités** :
 - « Employé » : min=0, max=1
 - « Rayon » : min=0, max=n
 - **attributs** : -
 - **identifiant** : Employé.nom
 - **contraintes d'intégrité** : -

Schéma EA (4/5) : description d'un attribut

- Un **attribut** est entièrement décrit par :
 - nom de l'attribut
 - définition libre de sa sémantique
 - cardinalités
 - si attribut simple : domaine de valeurs
 - si attribut complexe : description des attributs composants
- **Domaine** de valeurs d'un attribut simple :
 - Le domaine de valeurs d'un attribut définit l'ensemble des valeurs permises pour cet attribut.
 - Le domaine d'un attribut simple peut être :
 - un domaine de base : entiers, réels, string, booléen, date, ...
 - un domaine de base avec restriction : entier [$\geq 1, \leq 12$] pour l'attribut mois
 - un domaine énuméré : {janvier, février, ..., décembre}
 - un domaine de type défini par l'utilisateur.

Schéma EA (5/5) : contraintes d'intégrité

Les **contraintes d'intégrité** doivent être exprimées dans un langage clair et précis.

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Que veut on stocker dans la base de données ?

- Lorsque l'on construit une base de données, il convient dans un premier temps de bien définir les données à stocker.
- **Exemples sur des entités :**

Considérons un type d'entités « Client ». On peut par exemple se poser la question « Qu'est qu'un client ? ». Un client est-t'il :

 - toute personne qui a une commande en cours,
 - toute personne qui a fait une commande dans les six derniers mois,
 - toute personne qui a fait une commande dans le passé ou qui est susceptible de faire une commande dans le futur,
 - ...
- **Exemples sur des associations :**

Considérons le type d'associations binaire « Emprunte » lié aux entités « Personne » et « Livre ». On peut par exemple se poser la question « Quels emprunts veut-on dans la BD? ». Est-ce :

 - seulement les emprunts en cours,
 - les emprunts des trois derniers mois,
 - aussi les emprunts à venir (réservations),
 - ...
- C'est au concepteur de la base de données, suivant son usage prévu de faire ces choix.

Plan



- Introduction
- Éléments de base du modèle EA
- Identifiant des TE/TA
- Contraintes d'intégrité
- Schéma EA
- Que veut-on stocker dans la base de données ?
- Quelques conseils de conception de bases de données

Quelques conseils de conception de bases de données (1/4)

- Éviter d'introduire une association/entité là où un attribut suffirait.
- **Exemple :**
 - On pourrait être tenté de définir une association « enseigne » : « le professeur Dupond enseigne le cours d'Architecture », alors qu'il suffit d'ajouter un attribut « professeur » au type d'entité « Cours » (qui est alors un type entité avec deux attributs : le « nom du cours » et le « professeur » qui enseigne le cours).

Quelques conseils de conception de bases de données (2/4)

- Pour décider si un ensemble d'éléments (du même type) du monde réel va être modélisé avec un type d'entités ou un simple attribut, on peut donner les heuristiques suivantes :
 - un type d'entités doit être plus qu'un simple nom :
 - par exemple avoir des attributs qui ne sont pas des clés, ou
 - être relié par plusieurs associations à divers types d'entités, ou
 - avoir une cardinalité maximale strictement supérieure à 1 pour au moins un de ces rôles.
 - si par contre une entité intervient dans une seule association, et qu'elle est reliée à l'association avec une cardinalité maximale égale à 1, alors il est plus judicieux d'en faire un attribut des autres composantes de la relation.

Quelques conseils de conception de bases de données (3/4)

- Éviter, dans la mesure du possible, d'utiliser les types d'entités faibles :
 - on essaiera de ne créer des types d'entités faibles que lorsqu'il est impossible de leur créer une clé propre, ou bien s'il n'y a pas un administrateur global qui puisse créer ces clés propres.

Quelques conseils de conception de bases de données (4/4)

- Si l'on souhaite imposer une contrainte, il faut l'imposer dès la conception du schéma.
- **Exemple :**
 - S'il existe une association R entre deux entités E et F et que sa cardinalité maximale avec E est 1, on interdira la possibilité d'ajouter dans R un couple (f, e_2) , dès l'instant où il y a déjà un couple (f, e_1) dans R : il suffira pour ce faire de décider que la clé de F est aussi la clé pour la table de R .
- Éviter les redondances.