

## Septième partie VII

### Élaboration d'un schéma conceptuel

## Plan du cours

- **Partie I : Introduction aux bases de données relationnelles**
  - Cours 1 : Concepts des bases de données relationnelles
  - Cours 2 : L'algèbre relationnelle
- **Partie II : Utilisation des bases de données relationnelles**
  - Cours 3 : Le langage SQL DML (1)
  - Cours 4 : Le langage SQL DML (2)
  - Cours 5 : Le langage SQL DDL
- **Partie III : Développement des bases de données relationnelles**
  - Cours 6 : Le modèle entité-association
  - **Cours 7 : Élaboration d'un schéma conceptuel**
  - Cours 8 : Production du schéma de la base de données

## Qu'allons nous aborder dans ce cours ?

1. Le principe de décomposition d'un énoncé en propositions élémentaires
2. La traduction de ces propositions en structures Entité-Association
3. L'intégration de ces structures dans le schéma en cours de construction
4. La normalisation
5. La validation
6. La finalisation du schéma
7. Les contraintes d'intégrité

## Élaboration d'un schéma conceptuel

- Le processus d'élaboration du schéma conceptuel d'une base de données est **crucial** car il conditionne sa qualité et **complexe** en ce qu'il représente un processus de modélisation
- Modéliser consiste à **construire une représentation abstraite formelle**, généralement de nature mathématique, des aspects de ces situations sur lesquels porte notre intérêt
- Le processus peut s'exprimer comme suit :

*"À partir d'un énoncé, construire, un schéma Entité-association représentant les concepts et les faits exprimés, explicitement ou implicitement, dans cet énoncé, concepts et faits au sujet desquels on désire enregistrer des informations."*

## Élaboration d'un schéma conceptuel

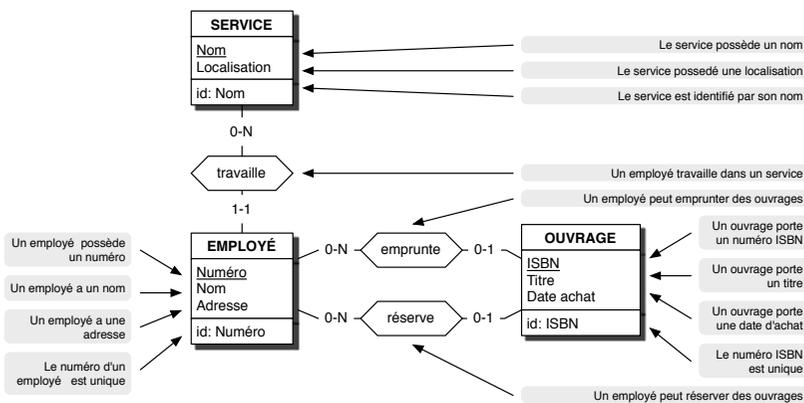
- On se propose de procéder à l'élaboration du schéma conceptuel comme suit :
  - On décompose l'énoncé en phrases, ou propositions élémentaires
  - Chaque proposition, si elle est pertinente pour le domaine d'application, est comparée aux types de faits déjà de faits déjà incorporés dans le schéma courant en cours de construction. Si le type de fait qu'elle exprime en est absent et est non contradictoire, il est traduit en termes du modèle Entité-association et incorporé dans le schéma courant
  - On documente le schéma
  - On vérifie que le schéma est complet
  - On vérifie que le schéma ne contient pas d'erreur

## Un premier exemple

- Supposons qu'on dispose du text ci-dessous décrivant la manière dont un employé d'une bibliothèque d'entreprise voit son environnement de travail :

*"Un employé peut emprunter des livres ou en réserver; l'employé a un nom et une adresse; il possède un numéro unique et travaille dans un service de l'entreprise, identifié par son nom et dont on connaît la localisation; un ouvrage porte un numéro ISBN unique et possède un titre, un prix et une date d'achat"*

## Un premier exemple



## Un premier exemple

- Quelques observations sur le schéma :
  - Certains fragments ont été reformulés (le numéro de l'employé est unique)
  - Certains fragments n'ont pas été utilisés (un prix)
  - On perçoit comment les attributs ont été détectés, mais la chose est moins évidente pour les types d'entités
  - Certains fragments sont redondants (livres et ouvrages apparaissent être des synonymes)
  - Il semble que le concept d'ouvrage ne soit pas bien compris (confusion ouvrage exemplaire). Le text contient des formulations incorrectes
  - Les annotations participent à la documentation du schéma

## Décomposition de l'énoncé

- L'énoncé doit être décomposé en proposition élémentaires décrivant chacune un **concept** ou un **type de faits** qu'on pourra traduire facilement en composant du schéma conceptuel
- La forme standard d'une proposition élémentaire est la suivante :  
 sujet   verbe   objet
- Quelques exemples :
  - tout client a un nom
  - une commande est passé par un client
  - un voyage est effectué par un train
  - un service traite des dossiers
- Ces propositions qu'on qualifiera de **binaires** affirment l'existence de deux concepts, représentés respectivement par le **sujet** et l'**objet** et d'un lien représenté par le **verbe** entre ces deux concepts

## Décomposition de l'énoncé

- Il existe des formes simples qui définissent des propositions **unaires**
- Quelques exemples :
  - il existe des fournisseurs
  - on s'intéresse aux accidents
- On est souvent amené à reformuler certaines phrases pour constituer des propositions élémentaires unaires ou binaires
- Exemple :  
un employé est identifié par un numéro de matricule et caractérisé par un nom et une adresse  
sera décomposée en 3 propositions élémentaires :
  1. un employé est identifié par un numéro de matricule
  2. un employé est identifié par un nom
  3. un employé est identifié par une adresse

## Décomposition de l'énoncé

- Un autre exemple :  
le coût du produit devra ...  
recèle en fait 2 propositions :
  1. le produit a un coût
  2. le coût (du produit) devra
- Remarque :
  - Penser à remplacer les pronoms personnels et possessifs afin de désambiguïser l'énoncé
  - Exemple  
il peut contracter une assurance  
=  
le client peut contracter un assurance

## Décomposition de l'énoncé

- Pour des propositions du type **A verbe B**, où A et B représente 2 concepts et verbe indique un lien entre ces concepts, on cherchera à obtenir la réponse aux questions suivantes :
  1. Pour un exemplaire de A, combien trouve-t-on d'exemplaires de B, au minimum et au maximum
  2. Pour un exemplaire de B, combien trouve-t-on d'exemplaires de A, au minimum et au maximum
- Exemple :  
Pour une commande est passée par un client, vous devrez vous poser les questions suivantes :
  1. Par combien de clients une commande est-elle passée ? (réponse de 1 à 1)
  2. Combien de commandes un client peut-il passer ? (réponse de 0 à plusieurs)

## Décomposition de l'énoncé

- Les propositions énoncées jusqu'ici sont **générales**, en ce sens qu'elles sont vraies pour tous les faits de même nature, présents et futures
  - **Exemple** : toute voiture a un numéro minéralogique
- Les propositions **particulières** spécifie par opposition une instance particulière d'un concept général
  - **Exemple** : ma voiture a le numéro minéralogique AB-082-JY
- Les propositions particulières ne sont pas à modéliser comme telles
- Cependant, elles peuvent suggérer par généralisation des concepts du domaine

## Décomposition de l'énoncé

- **Attention** certaines propositions **non binaires** ne peuvent pas être réduites en propositions élémentaires sans perte d'information
  - **Exemple** :
    - les clients achètent des produits chez des fournisseursSi l'on considère que les clients peuvent acheter n'importe quel produit chez n'importe quel fournisseur, alors **on ne peut réduire** cette proposition à :
    1. les clients achètent des produits
    2. les fournisseurs vendent des produits
    3. les clients achètent chez des fournisseurs

## Décomposition de l'énoncé

- Soit les 3 propositions initiales suivantes :
  1. JEAN achètent du SUCRE chez MIGRO
  2. ANNE achètent du SUCRE chez UNIC
  3. JEAN achète du SEL chez UNIC
- En décomposant chaque proposition, nous obtenons :
  - JEAN achète du SUCRE, ANNE achète du SUCRE, JEAN achète du SEL
  - MICRO vend du SUCRE, UNIC vend du SUCRE, UNIC vend du SEL
  - JEAN achète chez MIGRO, ANNE achète chez UNIC, JEAN achète chez UNIC
- Si il y a équivalence, il doit être possible de retrouver les propositions d'origine et uniquement celle-ci or à partir de
  - JEAN achète du SUCRE, UNIC vend du SUCRE, JEAN achète chez UNIC
- il est possible de déduire la proposition fautive suivante :
  - JEAN achète du SUCRE chez UNIC
- **Conclusion** : la décomposition proposée n'est pas valide

## Décomposition de l'énoncé

- La résolution de ce problème passe par **la mise en évidence d'un nouveau concept** qui représente la proposition initial tout entière
- Dans notre exemple, il faudrait introduire le concept d'achat
- Il faudrait reformuler la proposition initiale comme suit :

les clients font des achats de produits chez fournisseurs
- Ce qui donnerai la décomposition suivante :
  1. un achat est effectué par un client
  2. un achat concerne un produit
  3. un achat s'effectue chez un fournisseur

## Décomposition de l'énoncé

- Certaines propositions en apparence irréductibles **doivent impérativement être décomposées**
- Exemple :
  - un trajet est organisé entre une ville de départ et une ville d'arrivée
- se décompose en :
  1. un trajet a une ville de départ
  2. un trajet a une ville d'arrivée
- Dans ce cas, à un trajet correspond **une seule** ville de départ et **une seule** ville d'arrivée

## Pertinence d'une proposition

- Toutes les propositions n'ont pas **la même pertinence** :
  - Certaines apportent une contribution au modèle conceptuel
  - Certaines doivent être considérées comme du bruit
  - Certaines permettent de mettre en lumière des structures cachées

## Pertinence d'une proposition

- Exemple 1
  - un véhicule est couvert par une police

Cette proposition est certainement pertinente et doit être retenue
- Exemple 2
  - on enregistre le véhicule dès que la prime est payée

Cette proposition décrit une contrainte d'exécution d'activité. Elle sera certainement utile lors de la conception des programmes informatiques mais ne semble pas exploitable pour la base de données. On peut toutefois en déduire que

  - un véhicule a une date d'enregistrement
  - une prime a une date de paiement
- Exemple 3
  - les véhicules que la compagnie assure ...

Pas pertinent dans la mesure où on ne s'intéresse qu'aux véhicules de la compagnie

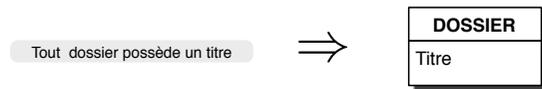
## Représentation d'une proposition

- Nous allons nous intéresser maintenant à **définir quelques règles simples pour couvrir les situations les plus fréquentes**
- Rappelons :
  - La plupart des propositions mettent en évidence des concepts et/ou des liens entre concepts
  - On cherche donc à représenter chaque concept cité s'il n'est pas déjà dans le schéma courant ainsi que les liens qui les unissent aux autres concepts

## Représentation d'une proposition

- Règle :
  - Un concept nouveau se représentera par
    1. un type d'entités, s'il apparaît important
    2. un attribut, s'il apparaît comme une simple propriété d'un autre concept

- Exemple :
  - tout dossier possède un titre

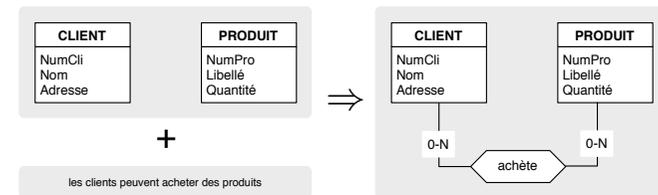


- Remarque : Il est raisonnable de représenter les dossiers par un type d'entités DOSSIER et les titres par un attribut Titre attaché au premier.

## Représentation d'une proposition

- Règle :
  - Une proposition qui établit un lien entre deux concepts déjà représentés par des types d'entités se traduira par un type d'associations entre ces derniers

- Exemple :
  - les clients peuvent acheter des produits



- Remarque : On affine la représentation en précisant la classe fonctionnelle du type d'association (ici plusieurs à plusieurs) et son caractère obligatoire/facultatif.

## Représentation d'une proposition

- Règle :
  - Une proposition qui établit un lien entre un concept déjà représentés par un type d'entités et une propriété de ce concept se traduira par un nouvel attribut attaché à ce type d'entités

- Exemple :
  - chaque voiture est d'un modèle déterminé



- Remarque : On affecte la nouvelle propriété Modèle au type d'entités VOITURE

## Représentation d'une proposition

- Règle :
  - Une proposition peut exprimer un lien entre deux concepts qui se traduisent naturellement par deux attributs. On représente alors la proposition par un nouveau type d'entités auquel on affecte ces attributs

- Exemple :
  - le montant est dépensé à une date déterminée

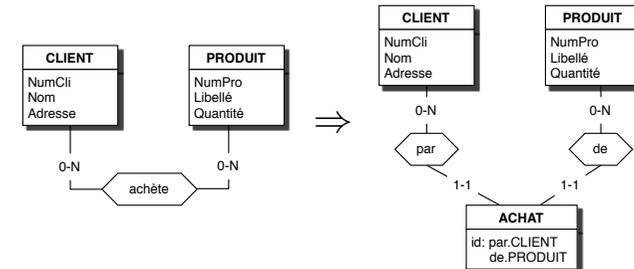


- Remarque : la proposition, au sujet de laquelle on suppose qu'aucun concept n'a encore été mis en évidence, se représentera par les deux attributs Date et Montant qu'on affectera à un nouveau type d'entités représentant les dépenses

## Représentation d'une proposition

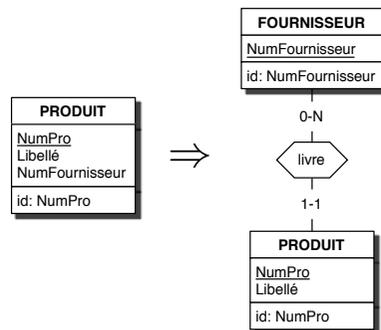
- **Problème :**
  - L'intégration d'un nouveau type de fait peut poser des problèmes qui ne peuvent être résolus que par la **restructuration** d'une partie du schéma.
- **Exemples :**
  1. l'affectation d'un attribut AA à un attribut A existant
    - un attribut ne peut avoir d'attribut
  2. l'établissement d'un lien entre un type d'entités E1 existant et un attribut A existant qui appartient déjà à un autre type d'entités E2
    - un attribut ne peut être associé qu'à un seul type d'entités
  3. L'affectation d'un attribut A à un type d'associations R existant
    - un type d'associations ne peut avoir d'attributs
  4. ajouter un troisième type d'entités à un type d'associations existant
    - un type d'associations ne peut relier que deux types d'entités
- **Solutions :**
  1. Les problèmes 1 et 2 peuvent se résoudre si l'attribut A était préalablement transformé en type d'entités
  2. Les problèmes 3 et 4 peuvent se résoudre si le type d'associations R était préalablement transformé en type d'entités

## Représentation d'une proposition



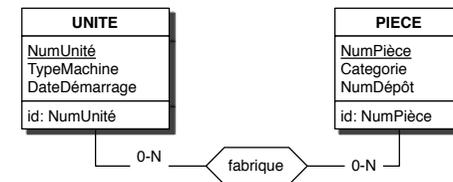
- La signification de ce nouveau type d'entités est la suivante :  
un achat représente le fait qu'un client déterminé a déjà acheté un produit déterminé

## Représentation d'une proposition



## Représentation d'une proposition

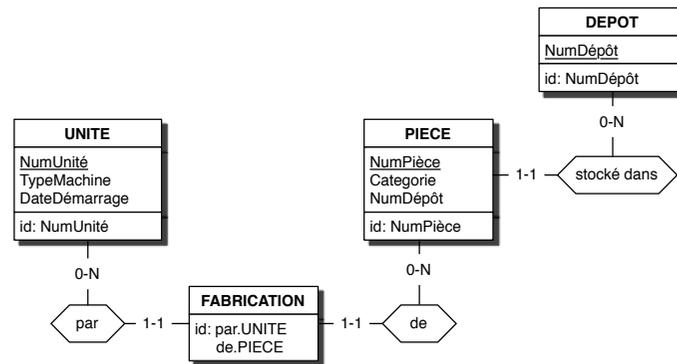
- Soit le schéma suivant :



et les deux propositions suivantes à représenter dans ce schéma :

1. on connaît la quantité journalière de chaque type de pièces fabriquée par chaque unité
2. chaque dépôt a une localisation et une capacité

## Représentation d'une proposition



## Représentation d'une proposition

1. **Faire un repérage préliminaire des concepts important** avant une analyse fine, e.g., en soulignant les mots importants.
2. **Si un concept n'est décrit que par une de ses caractéristiques, il faut envisager de ne pas le représenter par un type d'entités.** En cas de doute, il est toujours possible de choisir la solution la plus expressive et d'ajouter un nouveau type d'entités.
  - **Exemple :**
    - Si la seule mention du concept de *fournisseur* est celle de son *nom* attaché à la description des *produits* qu'il livre, il peut être suffisant de le représenter par le simple attribut NomFournisseur de PRODUIT.
3. **Si un concepts est décrit par au moins deux caractéristique, il est nécessaire d'ajouter un nouveau type d'entités.**
  - **Exemple :**
    - Si l'on cite le nom du fournisseur à un endroit et son adresse à un autre, il est préférable de définir un nouveau type d'entités FOURNISSEUR

## Représentation d'une proposition

4. **Si une caractéristique d'un même concept est citée plusieurs fois, il est préférable de représenter ce concept par un type d'entités** doté d'un attribut correspondant à la caractéristique.
  - **Exemple :**
    - Si le *nom* du *fournisseur* apparaît à plusieurs endroits, il est probable qu'un type d'entités FOURNISSEUR doté d'un attribut Nom permettra d'obtenir un schéma plus clair.
5. **Quand on hésite sur le type d'entités auquel il faut associer un attribut, on choisira une solution qui n'entraîne pas de redondance.** Il y a redondance lorsque une information élémentaire est présente plusieurs fois.
  - **Exemple :**
    - L'adresse de client peut faire l'objet d'un attribut Adresse qu'on peut attacher au type entités CLIENT ou au type d'entité COMMANDE. L'associer à COMMANDE entraîne une redondance puisque l'on répètera l'adresse du client autant de fois qu'il passera de commandes.

## Représentation d'une proposition

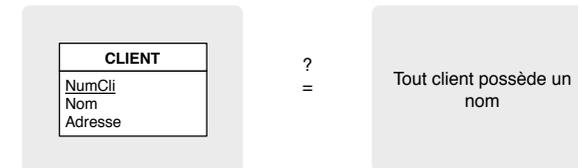
6. **Si parmi les attributs d'un type d'entités on repère un groupe homogène en relation étroite, alors, in convient probablement de l'extraire pour en constituer un type d'entités autonome.**
  - **Exemple :**
    - Supposons que dans le type d'entités COMMANDE, on observe les attributs suivants ; NUumClient, NomClient, AdresseClient. Il est nécessaire de créer un nouveau type d'entité CLIENT pour représenter les caractéristiques d'un client.

## Non-redondance des propositions

- On appelle **redondance structurelle** le phénomène selon lequel une construction du schéma courant et une proposition expriment le même type de faits.
- Il est possible de distinguer plusieurs types de redondance :
  1. La redondance explicite
  2. Les variantes d'expression
  3. La redondance indirecte
  4. La redondance apparente
  5. Les synonymes et homonymes

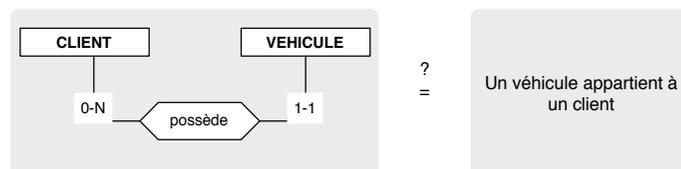
## Non-redondance des propositions

- Dans les cas simples, la redondance apparaît explicitement :
  - Schéma et proposition exprimant le type de faits de manière similaire
- Exemple :



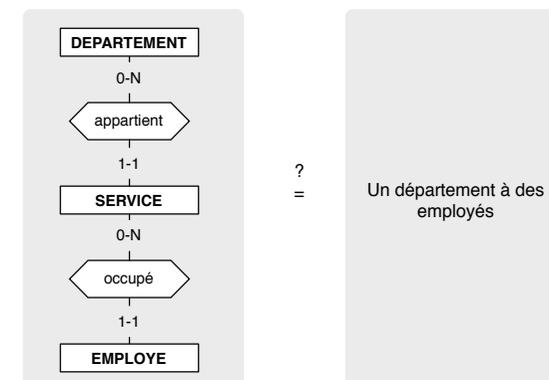
## Non-redondance des propositions

- Une proposition peut exprimer un type de faits déjà représenté dans le schéma courant, mais sous une forme différente.
- Exemple : formulation voix active ou passive



## Non-redondance des propositions

- La **redondance indirecte** concerne des types de faits qui ne sont pas explicitement exprimés dans le schéma, mais qui peuvent s'en déduire
- Exemple :



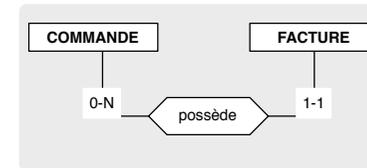
## Non-redondance des propositions

- On appelle **synonymes** des termes différents qui apparaissent dans des propositions désignant le même concept du domaine.
  - **Exemple** : *assuré* et *client* sont des synonymes dans le contexte des assurances.
  - **Recommandation** : Choisir une et une seule dénomination pour chaque concept
- On appelle **homonymes** des termes lorsqu'ils sont identiques, mais qu'ils désignent des concepts différents dans certaines parties du domaine.
  - **Exemple** : *adresse client*, *adresse facturation*, *adresse de facturation*
  - **Recommandation** : Mettre en évidence les différences en choisissant des dénominations distinctes

## Non-contradiction des propositions

- Certaines propositions sont en contradiction avec le schéma courant

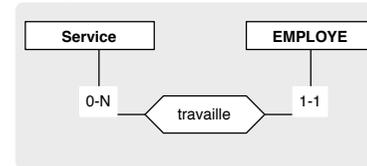
- **Exemple 1** :



X

... les factures de la commande

- **Exemple 2** :



X

Tout service a un directeur, **qui est un de ses employés**

## Non-contradiction des propositions

- On peut résoudre une contradiction par diverses techniques :
  1. En rejetant l'éventuelle proposition erronée
  2. si aucune des propositions n'est erronée, en faisant le choix de la plus générale
    - **Exemple** : Une seule facture est plus particulière que plusieurs
  3. En modifiant le schéma de manière que les deux propositions soient en accord
    - **Exemple** : On admet qu'il existe une classe particulière de services : les *services actifs* dotés d'employés et d'un directeur
- **Remarque** : La détection systématique des contradictions et les techniques de résolutions constituent un domaine complexe qui est juste abordée ici.

## Les contraintes d'intégrité

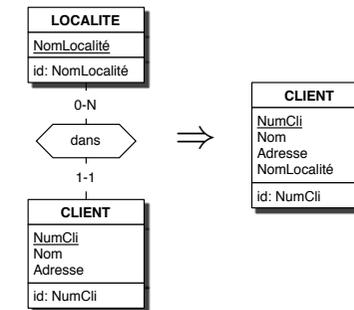
- Le plus souvent, l'énoncé spécifie les **contraintes d'intégrité** de manière explicite
- Pratiquement, il faut examiner :
  - Chaque type d'entités
  - Chaque type d'association
  - Chaque attributafin d'y relever les contraintes de base et additionnelles
- **Remarques** : Il faut trouver le juste compromis bénéfique coût de l'ajout de contraintes. En effet, l'ajout de contraintes permet une plus grande précision des données et un meilleur contrôle de leur qualité mais engendre un coût en terme de ressources informatique nécessaire à la vérification de celles-ci.

## Normalisation du schéma

- Si les règles que nous avons énoncées sont respectées alors **votre schéma conceptuel est correcte**
- On effectue souvent **une dernière passe** sur le schéma dans un but de simplification ou afin d'éliminer certaines anomalies qui pourraient subsister
- **Ce processus de nettoyage s'appelle la normalisation**

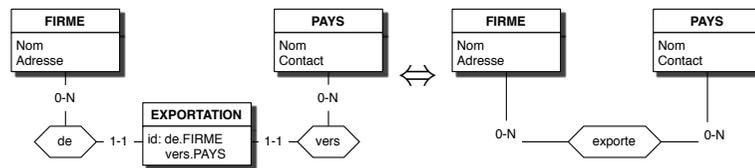
## Normalisation du schéma

- Il s'agit de s'assurer que l'information a été représentée de manière **adéquate**, i.e., conforme à la méthode Entité-Association.
- **Exemple 1** : Si le type d'entités LOCALITE n'a pas d'autre raison d'être que d'indiquer la localité de chaque client, alors on peut le remplacer par un simple attribut



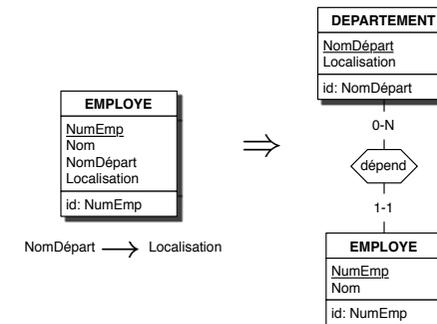
## Normalisation du schéma

- **Exemple 2** : Si le type d'entités EXPORTATION sert uniquement de lien entre les types d'entités FIRME et PAYS, alors on peut le remplacer par un type d'associations



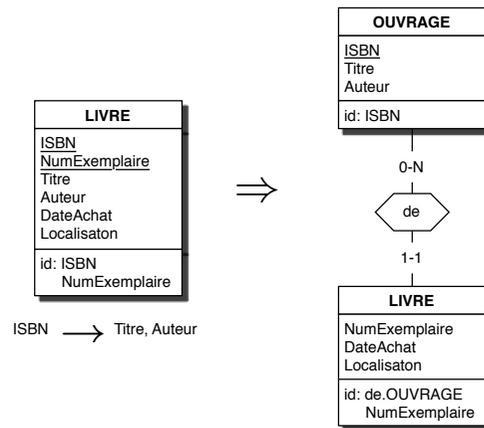
## Normalisation du schéma

- **Les redondances internes** constituent une erreur fréquente des débutant
- **Exemple 1** : L'expression "NomDépart → Localisation" indique qu'à une même valeur de NomDépart sera toujours associée la même valeur de Localisation



## Normalisation du schéma

- Exemple 2 :



## Documentation du schéma

- Chaque objet du schéma (type d'entités, type d'associations, attribut) doit faire l'objet d'une description qui en précise la signification exacte et complète
- La description sera exprimée en langage courant
- Exemples :
  - Si *cli* est un CLIENT, alors *cli* représente toute personne physique ou morale qui a passé au moins une commande honorée depuis moins de 5 ans ...
  - Si *com* est une COMMANDE, alors *com.DATE* est la date à laquelle *com* a été validée et enregistrée ...
  - Si *com* est une COMMANDE et *cli* un CLIENT et si (*com,cli*) est une association passe, alors *cli* est réputé avoir passé la commande *com* et est responsable du paiement de l'expédition éventuellement ...

## Complétude du schéma

- Le nom de l'entité est-il suffisamment significatif?
- A-t-il des attributs? Si ce n'est pas le cas, est-ce normale?
- A-t-il au moins un identifiant? L'identifiant primaire est-il constitué de composant obligatoires?
- Ses identifiants sont-ils minimaux? ne comportent-ils pas de rôles de cardinalité [0-1] ou [1-1]?
- Lui a-t-on affecté une description précise et complète?

## Complétude du schéma

- Le nom de l'attribut est-il suffisamment significatif?
- Son domaine de valeurs est-il précisé?
- Est-il monovalué?
- A-t-on précisé s'il est obligatoire ou facultatif?
- Lui a-t-on affecté une description précise et complète?

## Complétude du schéma

1. Le nom de l'association est-il suffisamment significatif ?
2. Pour chaque rôle :
  - Son nom (implicite/explicite) est-il unique ?
  - Sa cardinalité minimale (0 ou 1) est-elle correcte ?
  - Sa cardinalité maximale (1 ou N) est-elle correcte ?
  - La cardinalité est-elle d'un des trois types admissibles : [0-1], [1-1], [0-N] ?
3. Lui a-t-on affecté une description précise et complète ?

## Exercice : Le video club

- **Question** : Proposer un schéma conceptuel qui représente le domaine d'application suivant :

*Un club video propose des cassettes et des DVD en location à ses membres. Pour chaque membre, on enregistre le nom, l'adresse, le numéro de téléphone. On lui donne un numéro d'inscription qui l'identifie. Chaque support est caractérisé par son type (cassette ou DVD), un code identifiant et la date d'achat. Pour le film du support, on enregistre le titre (identifiant), son réalisateur, l'acteur vedette et le genre. Plusieurs supports peuvent être disponibles pour un même film, alors que pour certains films, il n'existe pas encore de supports proposés à la location. À tout instant, un support peut être loué par un membre du club.*

## Exercice : Le video club

