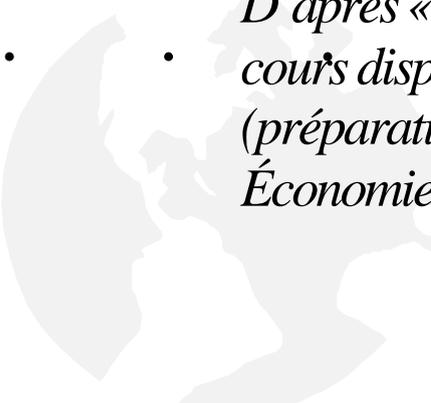


Vraies et fausses ternaires

*D'après « Conception de systèmes logiciels »,
cours dispensé à l'IUFM de Bourgogne
(préparation à l'étude de cas du CAPET
Économie-Gestion option D).*



Adapté pour le Réseau CERTA

Tu me fais ternaire la tête !

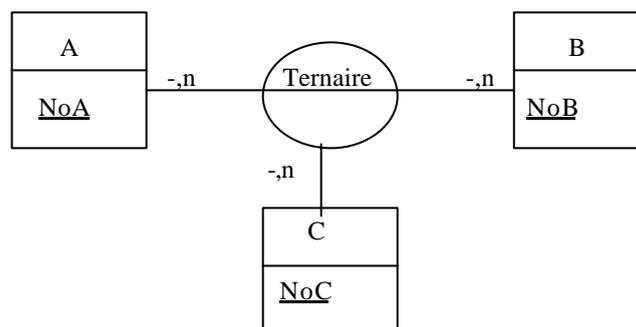
Vraies ternaires, fausses ternaires¹ et agrégats dans le modèle entité-association étendu

Les associations ternaires existent mais elles sont rares. Cela devrait inciter à une certaine vigilance. Maintenant que le modèle entité-association permet de représenter (explicitement ou implicitement) les agrégats mais qu'on peut aussi mentionner l'existence d'une DF (ou CIF ou contrainte d'unicité) entre des entités participant à la même association, on ne sait plus trop sur quel pied danser : quand l'association ternaire est-elle justifiée, quand peut-on utiliser un agrégat ? Dans ce qui suit, je vais sinon établir des règles exhaustives et intangibles, du moins tenter de sérier les principaux critères de validation. J'assume d'emblée la redondance de ces tests dès lors qu'il s'agira pour moi d'éclairer sous un nouvel angle un phénomène reconnu précédemment. Pour donner de la consistance aux raisonnements, il m'arrivera fréquemment de lorgner sur le modèle relationnel, profitant ainsi de son assise formelle².

- **La vraie ternaire**

Reconnaissons d'abord aux associations ternaires le droit à l'existence. Dans la vie, il y a des couples, des paires, des jumeaux, des paires de jumelles, des bessons, des doubles, des dilemmes, des alternatives, des duos ou des duels... Mais il y a aussi des triplets, de trilingues trios, des tripotées de trépieds, des trifouillées de tridents, de triomphantes triades flétries par d'intriguants tribuns qui, du fond des latrines, du tréfonds des trières, trissent de patriotes tercets pour striduler que cette coterie de triviaux triumvirs s'attribuent des trillions au détriment de leurs tribus de contribuables détrités, meurtris, attristés par leurs trimestres étriqués³...

Le schéma type d'une vraie association ternaire



Fréquence du schéma type

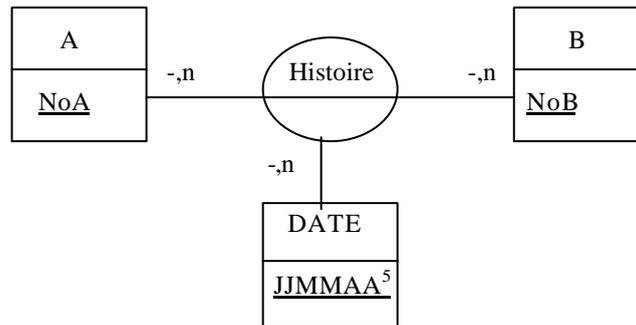
En se référant à la littérature relative aux systèmes de gestion, force est de constater que, dans la quasi-totalité des cas, l'association ternaire est utilisée pour « historiser » des rencontres, autrement dit pour distinguer les différentes réunions d'un couple, susceptible de se réunir plusieurs fois⁴, à l'aide du moment où survient chacune de ces réunions. On utilise pour cela une unité de temps, par exemple la trop fameuse entité DATE.

¹ J'ai choisi de parler des associations ternaires par commodité. Mais le raisonnement tenu ici est tout à fait généralisable aux associations n-aires ($n > 2$) et même vénaires !

² La référence est le modèle de Codd ; la théorie de la normalisation constitue un prérequis au discours qui suit.

³ Faites le tri !

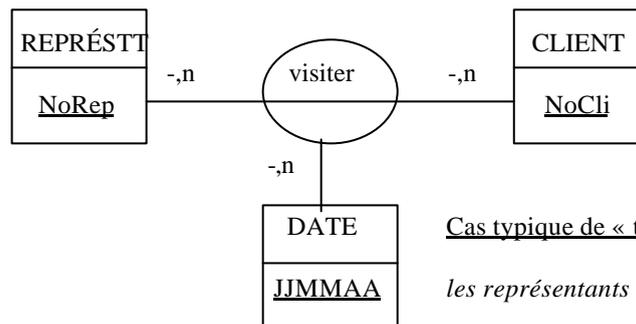
⁴ Y'a des couples comme ça, paraît-il !



Examinons ensemble ce cas de (triste) figure comme une introduction à l'une des façons de raisonner sur les associations ternaires.

La qualité de l'unité de temps choisie

- L'unité de temps doit être assez précise pour jouer son rôle. Ainsi, dans le schéma précédent, l'unité de temps choisie est le jour. Si, en un jour, le même couple A-B peut se réunir plusieurs fois ⁶ (et que l'histoire doit raconter toutes leurs réunions), il faudra choisir une unité plus précise. Ce critère de choix est souvent bien respecté dans les exercices proposés.
- Mais l'unité de temps doit aussi durer suffisamment pour permettre à chaque membre du couple de faire d'autres rencontres ⁷ ! Et cette conséquence logique n'est pas toujours bien maîtrisée dans les cas d'école. En voici une illustration « classique » :



Cas typique de « ternaire-à-date » :
les représentants visitent les clients.

Théoriquement, si l'unité de temps a été bien choisie, cela veut dire :

- qu'un représentant rend visite, en un jour donné, au plus une fois à un client donné (précision de l'unité, exprimée au travers de l'unicité du triplet);
- qu'un représentant rend visite, en un jour donné, à [zéro,] un ou plusieurs clients (conséquence de la durée de l'unité de temps, exprimée par les cardinalités du rôle joué par REPRÉSENTANT);
- qu'un client reçoit, en un jour donné, la visite de [zéro,] un ou plusieurs représentants (conséquence de la durée de l'unité de temps, exprimée par les cardinalités du rôle joué par CLIENT).

On peut s'interroger sur la véracité de cette dernière affirmation. Or, si, connaissant la date et le client, on détermine systématiquement le représentant qui lui a rendu visite, on est en présence d'une **fausse ternaire**.

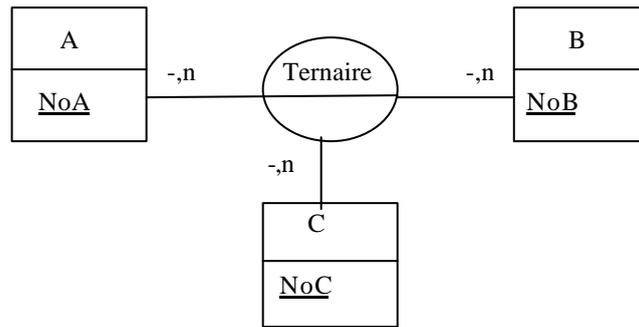
Précisément, pour valider une association ternaire, il faut d'abord contrôler qu'il n'y a pas de dépendance fonctionnelle entre les entités associées⁸, ce qui revient tout simplement à valider les cardinalités maximales égales à n.

⁵ Cette désignation est choisie... par dérision : on sait aujourd'hui ce que coûte la confusion entre type et format.

⁶ Y'a des couples comme ça, paraît-il !

⁷ Y'a aussi des couples comme ça, paraît-il !

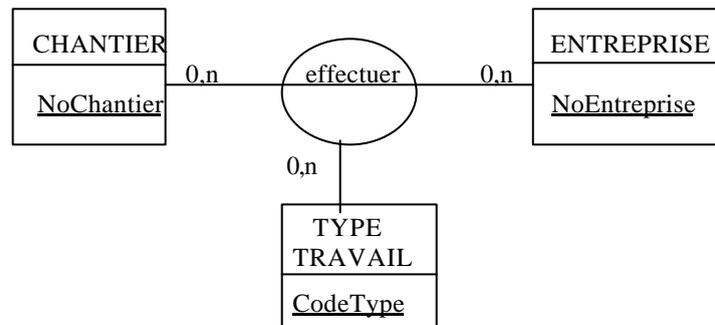
⁸ Certains diront « entre les identifiants des entités associées », s'il s'agit d'identifiants absolus, bien sûr.



Association ternaire valide si « les trois pattes sont à n », ce qui peut s'exprimer également par :

- NoA —✗→ NoB et NoA —✗→ NoC et NoB —✗→ NoA et NoB —✗→ NoC et
 - NoC —✗→ NoA et NoC —✗→ NoB et
 - NoA, NoB —✗→ NoC et NoA, NoC —✗→ NoB et NoB, NoC —✗→ NoA
- où $a \text{ —✗→ } b$ signifie : b ne dépend pas fonctionnellement de a .

Illustration (inspirée de [N/E] : Merise deuxième génération, Nancy, Espinasse et alii, aux éditions Sybex)



En principe donc, valider cette association ternaire, c'est d'abord vérifier⁹ :

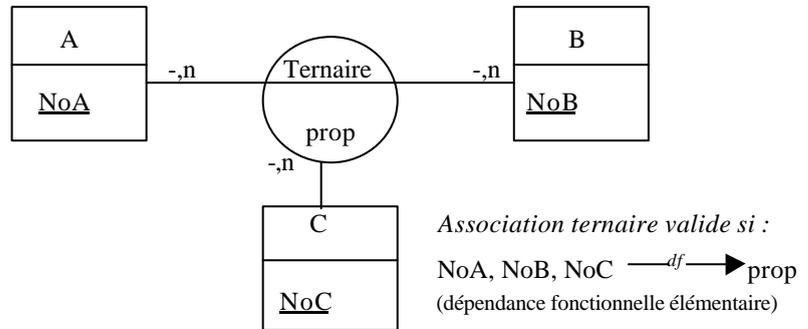
- qu'un chantier n'est pas forcément réalisé par une seule entreprise :
NoChantier —✗→ NoEntreprise
- qu'une entreprise ne réalise pas forcément qu'un seul chantier :
NoEntreprise —✗→ NoChantier
- qu'il n'y a pas forcément qu'un seul type de travail par chantier :
NoChantier —✗→ CodeType
- qu'il n'y a pas forcément qu'un seul chantier par type de travail :
CodeType —✗→ NoChantier
- qu'une entreprise n'est pas forcément spécialisée dans un seul type de travail :
NoEntreprise —✗→ CodeType
- qu'un type de travail n'est pas forcément confié qu'à une seule entreprise :
CodeType —✗→ NoEntreprise
- qu'une entreprise ne réalise pas forcément qu'un seul chantier par type de travail :
NoEntreprise, CodeType —✗→ NoChantier

⁹ 1. Parmi les énoncés, certains ont une probabilité de non-validité plus forte que d'autres. Ces derniers ont été soulignés : ils doivent faire l'objet d'une attention particulière. Ne négligez pourtant pas systématiquement les autres : il ne s'agit pas de représenter vos habitudes de pensée mais un système de gestion particulier !

2. J'expliquerai plus loin que ces conditions sont nécessaires mais pas suffisantes.

- qu'une entreprise ne réalise pas forcément qu'un seul type de travail par chantier :
 $\text{NoEntreprise, NoChantier} \xrightarrow{\times} \text{CodeType}$
- qu'un type de travail à réaliser pour un chantier n'est pas forcément confié qu'à une seule entreprise :
 $\text{CodeType, NoChantier} \xrightarrow{\times} \text{NoEntreprise}$

Bien entendu, ce type de validation est grandement facilité lorsque l'association « porte » une propriété¹⁰.

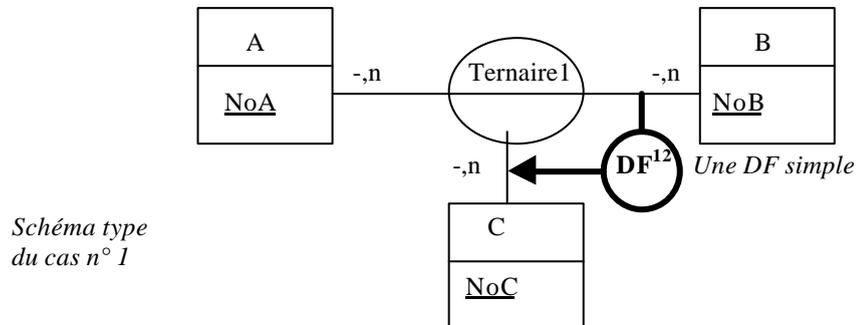


¹⁰ Dans ce qui suit, le raisonnement portera donc sur des associations « creuses » (non porteuses de données).

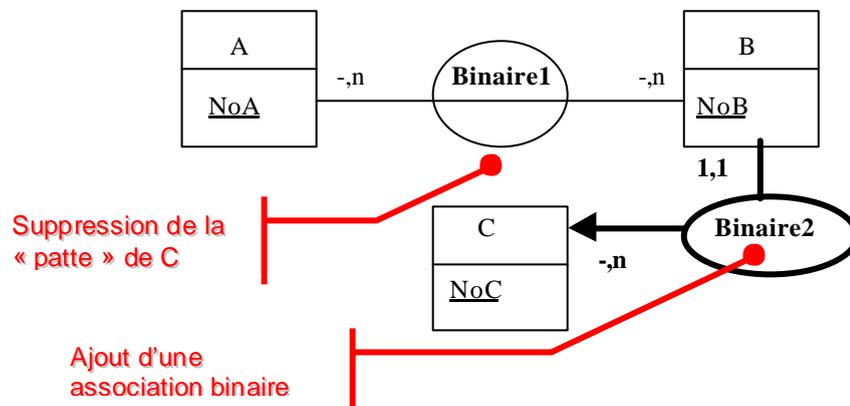
Les ternaires fonctionnellement fausses

Parmi les « fausses ternaires » frappées d’une contrainte intra-relation de type DF, trois catégories peuvent être distinguées. Les deux premières sont celles qui sont « admises » par certains modèles étendus¹¹.

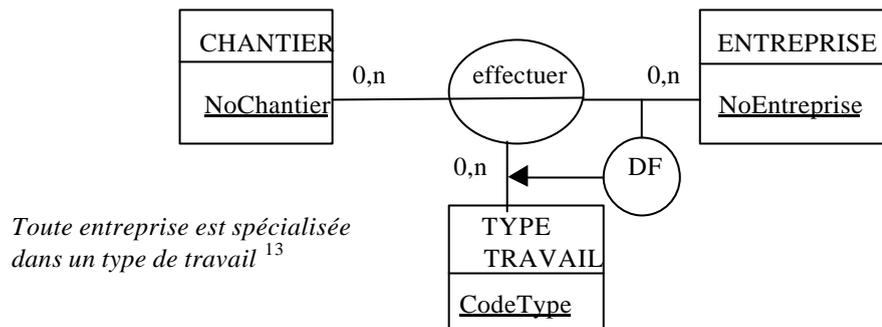
Cas n° 1 : La simplette



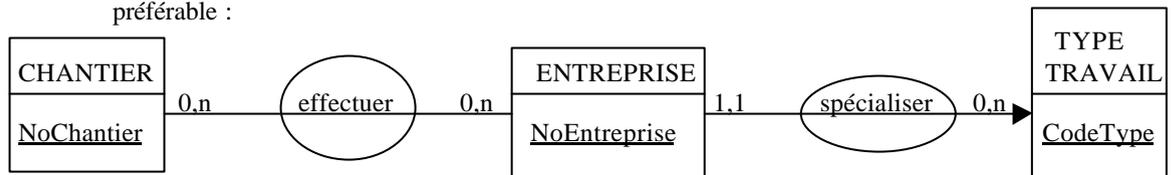
Selon moi, l’usage de cette facilité est à déconseiller. Dans le cas général, le schéma suivant s’impose :



Voici une illustration de ce cas :



Si la « règle de gestion » exprimée par la DF est vraie, le schéma suivant est évidemment préférable :



¹¹ En fait, elles sont le plus souvent tolérées dans un schéma en cours d’élaboration. Certains de ces auteurs tolérants suggèrent un « retraitement » de la DF aboutissant à des résultats similaires à ceux présentés ici.

¹² Chez d’autres auteurs, DF est remplacé par CIF ou par 1 (contrainte d’unicité).

¹³ Ou : « quel que soit le chantier, le type de travail effectué par une entreprise donnée est le même », ce qui montre bien l’indépendance des deux concepts *effectuer* et *spécialiser*, représentée dans le schéma final.

Cas n° 2 : La fausse maigre

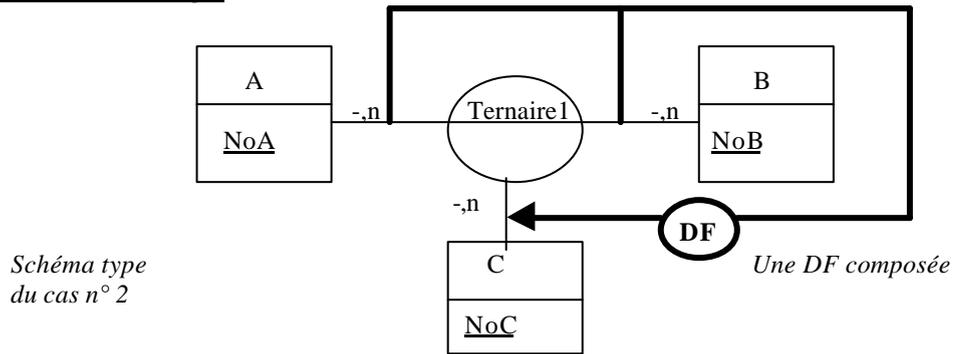
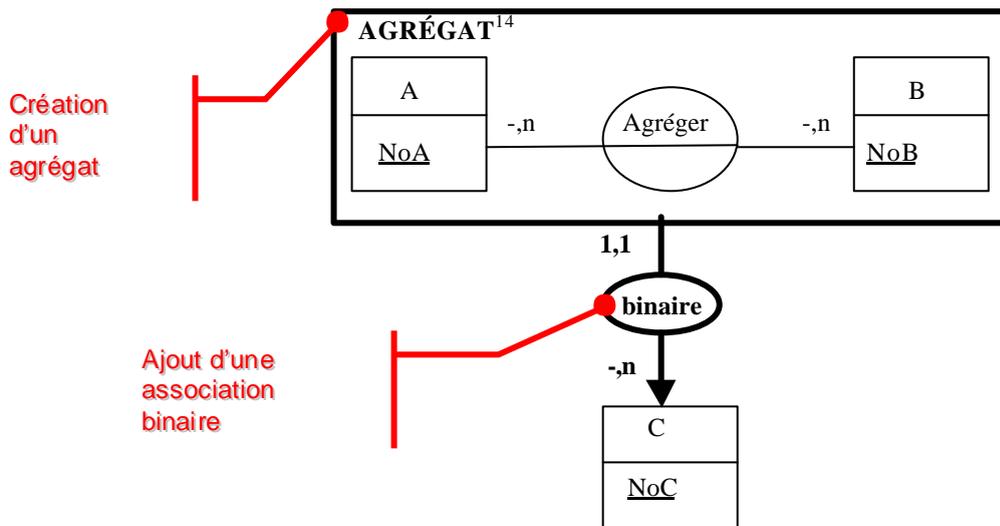
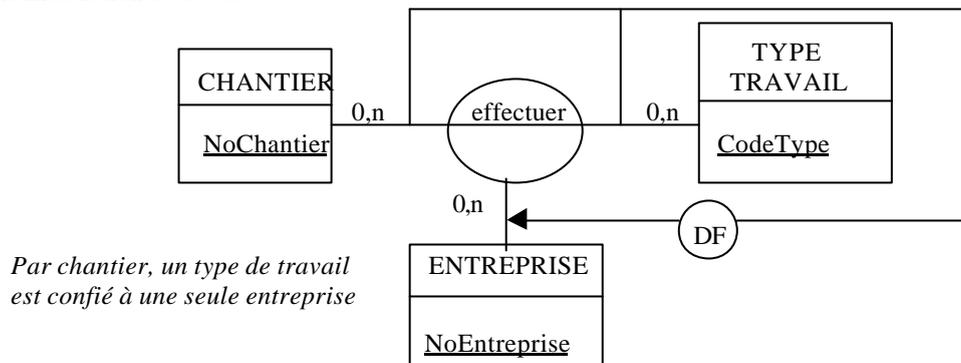


Schéma type du cas n° 2

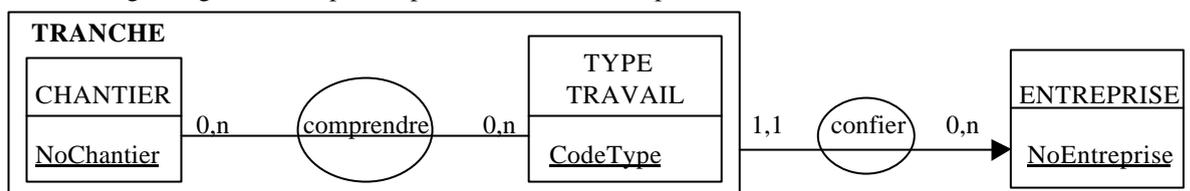
Il s'agit d'une représentation possible de l'agrégat. Je vous conseille une représentation explicite :



Voici une illustration de ce cas :



Si la « règle de gestion » exprimée par la DF est vraie, on préférera le schéma suivant¹⁵ :



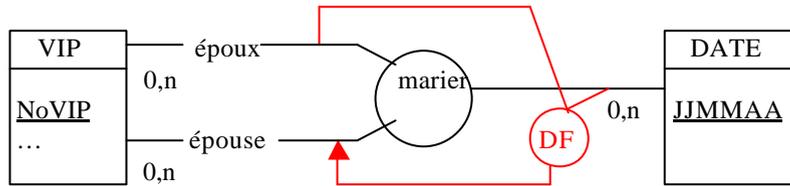
¹⁴ J'utilise ici une représentation de l'agrégat, d'origine américaine, car celle-ci est très diffusée au sein de la communauté enseignante de notre pays. Il faut avouer qu'elle possède une grande lisibilité... sur des cas simples. Une représentation « à la française », basée sur les liens identifiants, me semble préférable (voir annexe).

¹⁵ Ou les deux concepts relativement indépendants (existence de « tranches de chantier » et « à qui est confiée chaque tranche ») sont opportunément isolés.

Pastille inutile ?

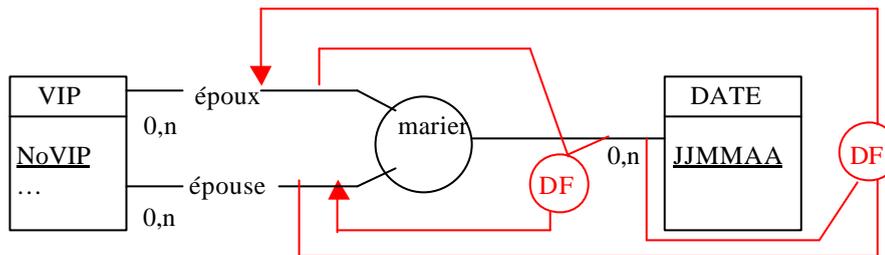
Dans le premier cas étudié, la « pastille DF » est choquante : c’est une atteinte au bon sens et la décomposition de l’association ternaire s’impose. Dans le deuxième cas, la « pastille DF » est moche : c’est une atteinte au bon goût, elle souffre de la comparaison avec qui affiche sans complexe son embonpoint, en représentant explicitement les agrégats. On peut se demander quel intérêt peut encore offrir la « pastille DF ».

En fait, l’un des intérêts me paraît résider dans la représentation d’une contrainte d’intégrité révélant une « identification alternative ». Ce thème est illustré par le cas SIXVOIX¹⁶. Voici un extrait de la solution proposée par l’auteur¹⁷ de cet ExoNet :



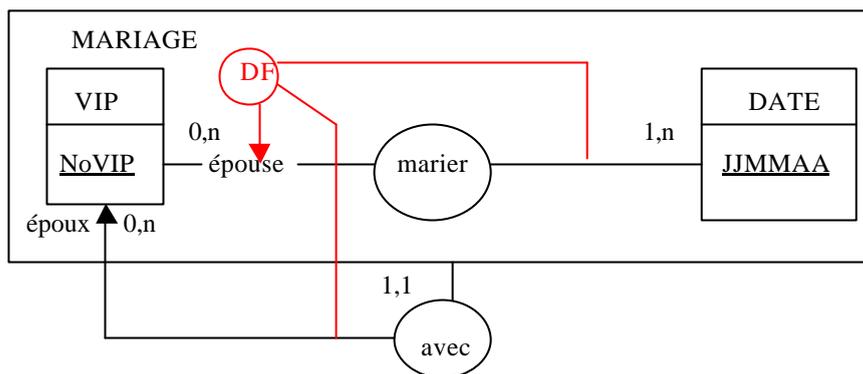
Un commentaire précise qu’on aurait pu utiliser l’agrégation pour représenter le concept de mariage.

Les ligues féministes américaines n’auraient pas toléré la publication d’une solution aussi « politiquement incorrecte ». Une fois n’est pas coutume, cette intolérance aurait eu un fondement réel : dans un contexte de monogamie généralisée, on peut certes dire que la connaissance de l’époux et de la date détermine l’épouse (c’est la DF mentionnée sur le schéma), mais on peut tout aussi bien dire que la connaissance de l’épouse et de la date détermine l’époux (cette DF n’est pas mentionnée).



Une solution « politiquement correcte »¹⁸

Politiquement correcte ou pas, la solution qui s’appuie sur une représentation explicite de l’agrégat permet d’utiliser la « pastille DF » pour préciser ce que la structuration choisie a laissé dans l’ombre :



¹⁶ ExoNet n° 26 proposé par Christine Gaubert-Macon (lycée Descartes, Champs-sur-Marne) sur une idée d’Alain Pillot (IUT de Lyon). ExoNet est une rubrique du service Web du CERTA (<http://certa.u-bourgogne.fr>).

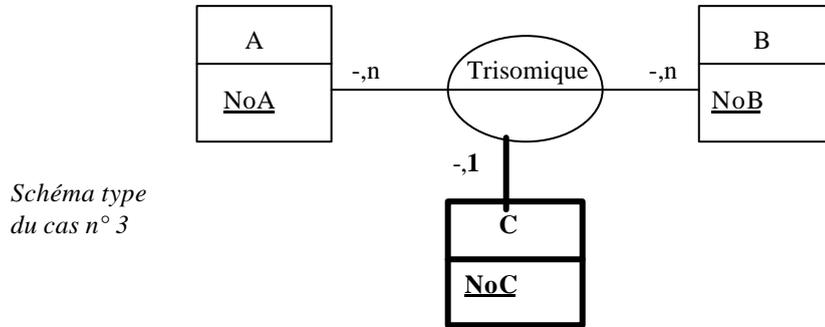
¹⁷ Je n’irais pas jusqu’à écrire « auteure » !

¹⁸ Précisons toutefois que le positionnement de la deuxième DF n’a été inspiré que par des considérations pratiques et que l’auteur n’avait nulle intention, ce faisant, de dévaloriser ou de mythifier l’image de la femme. Que les lectrices qui seraient choquées, que les lecteurs qui seraient choqués, dans les deux cas de façon tout à fait accidentelle, veuillent bien recevoir les excuses de l’auteur. ©

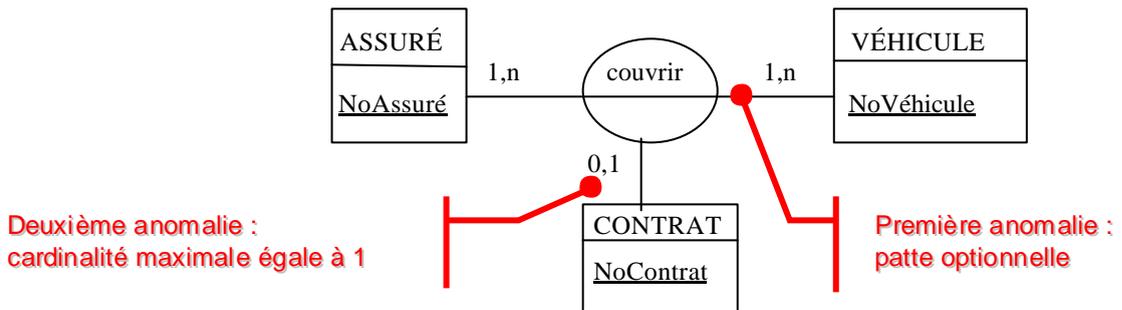
Ce qui correspond approximativement au traitement qu'en ferait la normalisation relationnelle puisque la relation MARIER(NoVipÉpouse, NoVipÉpoux¹⁹, DateMariage) possède deux clés candidates parmi lesquelles il convient de choisir la clé primaire, comme un agrégat a été choisi parmi les deux possibles.

Cas n° 3 : La trisomique

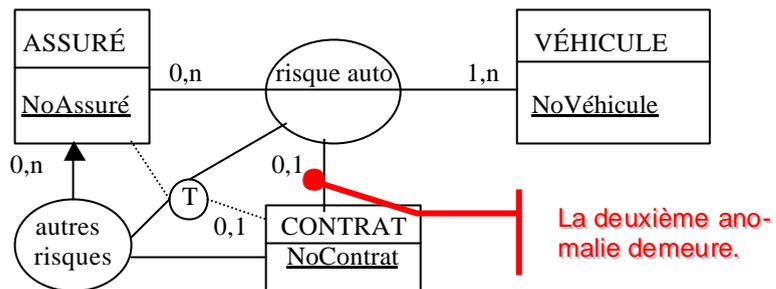
La dernière catégorie de fausses ternaires relève de « l'accident de conception ». Elle est repérable par la présence d'une cardinalité maximale égale à 1 sur l'un des rôles.



Cette anomalie génétique est heureusement plus facile à traiter que celle qui me sert d'analogie. Je me contenterai d'illustrer ce point de vue au travers d'un thème inspiré de [N/E] : un concepteur a produit le schéma suivant qu'il ne valide pas car il a commis des erreurs.



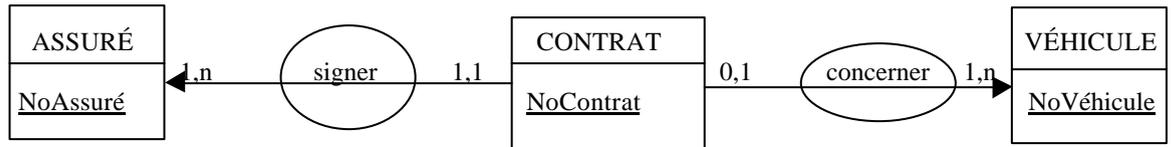
Pour traiter la première anomalie, le concepteur veut distinguer deux associations, l'une pour la couverture des risques automobiles, l'autre pour la couverture des autres risques.



Le concepteur jubile : c'est la première fois qu'il arrive à placer dans le contexte une aussi gracieuse contrainte de totalité entre associations. Mais sa joie est de courte durée : c'est bien joli tout ça, mais j'ai encore une patte bancale, se dit-il. Il se prend la tête : comment vais-je m'en sortir ? Sa réaction est finalement la bonne : bon, je m'arrête de jouer avec les cubes et les cerceaux et je reviens à la base... La base, c'est-à-dire la sémantique ! Que veut-il représenter, quels sont les concepts indépendants ?

1. Qu'un contrat est signé par un assuré et qu'un assuré signe au moins un contrat.
2. Que certains contrats concernent un véhicule et qu'un véhicule fait (ou a fait) l'objet d'au moins un contrat.

¹⁹ Ces deux attributs sont des clés étrangères faisant référence à la clé de la relation VIP.



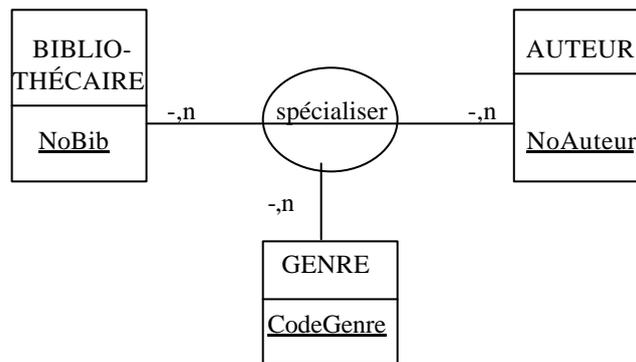
Après avoir élaboré le schéma ci-dessus, il se dit qu'il a de la chance finalement... que le ridicule ne tue plus guère !

D'autres fausses ternaires

Jusque là, j'ai répercuté, dans l'analyse de la validité d'une association ternaire, le seul concept de dépendance fonctionnelle, qui préside, dans le modèle relationnel, à la définition de la 3^e forme normale. La théorie de la normalisation relationnelle prend en compte d'autres dépendances, plus sophistiquées, plus rares heureusement. Aucune extension au modèle entité-association n'a été formulée pour les mentionner, à l'instar des DF, sur le schéma d'une association prétendument ternaire. Pourtant, ces nouvelles dépendances permettent de déceler d'autres fausses ternaires parmi lesquelles je ne retiendrai que deux catégories.

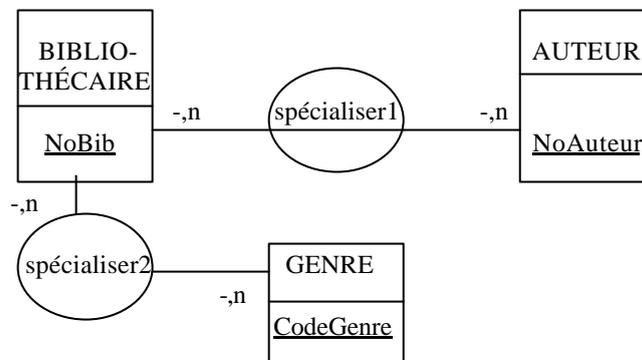
Cas n° 4 : La bicéphale

Partons d'un exemple inspiré de « SQL et DB2 » de Koutchouk (aux éditions Masson).



Cette association ternaire est peut-être valide s'il s'agit de dire que les bibliothécaires sont spécialisés dans certains genres littéraires de certains auteurs (concepts liés). Elle n'est certainement pas valide s'il s'agit de dire que les bibliothécaires sont spécialisés dans certains auteurs d'une part, certains genres d'autre part (concepts relativement indépendants). Par exemple, dans le premier cas, on dira « Duschmoll est spécialisé dans le théâtre de Victor Hugo » (une spécialité) ; dans le deuxième, on dira « Duschmoll est spécialisé dans le théâtre d'une part, dans Victor Hugo d'autre part » (deux spécialités « indépendantes »).

Si vous rencontrez le deuxième cas, à condition que la sémantique en soit clairement exposée, vous n'aurez aucun mal à concevoir le schéma valide correspondant :



Imaginez précisément que cette deuxième hypothèse est vraie.

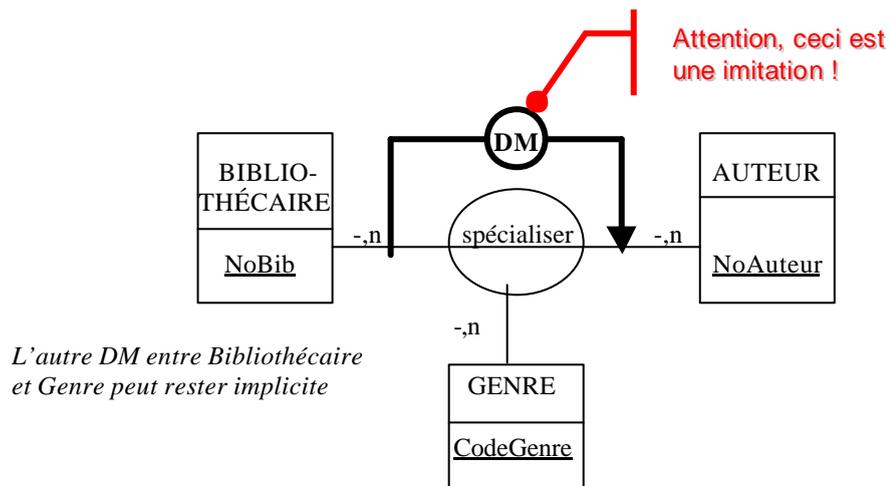
Si vous aviez traduit la ternaire du premier schéma en une relation « toute clé » :

spécialiser(NoBib#, NoAuteur#, CodeGenre#),

vous disposeriez certes d'une relation en 3^e forme normale (c'est le cas de toute relation vraiment « toute clé ») mais pas forcément exempte d'anomalies de stockage. L'hypothèse retenue n'interdit pas l'existence d'une contrainte alambiquée du style « Chaque fois qu'un bibliothécaire est spécialisé dans un genre littéraire, il est spécialisé pour ce genre dans les mêmes auteurs et chaque fois qu'il est spécialisé dans un auteur, il est spécialisé pour cet auteur dans les mêmes genres. ».

Si tel était le cas, il y aurait, disent les théoriciens, une dépendance multivaluée (DM) entre NoBib# et NoAuteur# (ou, ce qui revient au même, entre NoBib# et CodeGenre#, les deux dépendances multivaluées s'impliquant l'une l'autre).

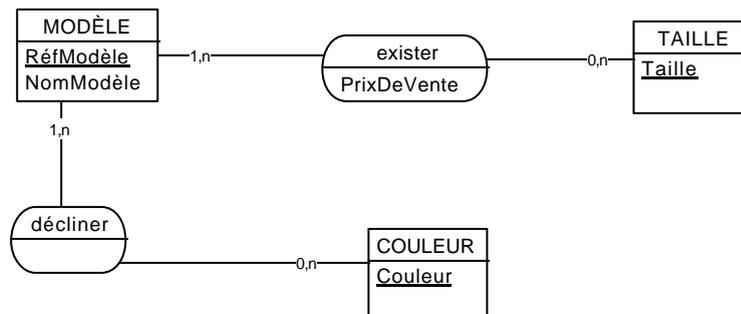
Nous pouvons délirer sur une représentation possible de ce cas dans le schéma entité-association :



Dans la théorie de la normalisation relationnelle, la prise en compte de cette dépendance multivaluée conduit à décomposer la relation *spécialiser* en deux relations en 4^e forme normale : *spécialiser1(NoBib#, NoAuteur#)* et *spécialiser2(NoBib#, CodeGenre#)*.

C'est bien ce qui a été représenté dans le deuxième schéma de la page précédente où l'indépendance des concepts a été pertinemment retenue. Vous avez donc une probabilité extrêmement faible de tomber sur une « bicéphale », en réalisant d'abord un schéma entité-association.

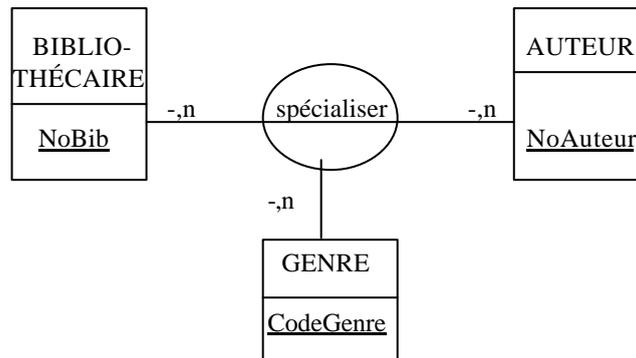
Une illustration de ce cas est fournie par l'étude de cas du CAPET interne 2000 (le cas Kentucky). Il y est question de modèles de vêtement existant en différentes tailles et (déclinés) en différentes couleurs. Le choix d'une association ternaire signifierait que, pour un modèle donné, on trouve certaines couleurs dans certaines tailles mais pas dans d'autres (on trouve certaines tailles dans certaines couleurs mais pas dans d'autres). Si, au contraire, on sait que, quel que soit le modèle, toutes les tailles de ce modèle existent en toutes les couleurs dans lesquelles ce modèle est décliné (que toutes les couleurs dans lesquelles est décliné ce modèle sont disponibles dans toutes les tailles existant pour ce modèle), le modèle suivant s'imposera de lui-même²⁰ :



²⁰ Où le prix de vente ne dépend pas de la couleur, ce qui fournit une aide précieuse au candidat !

Cas n° 5 : La junkie

Je reviens au schéma initial.

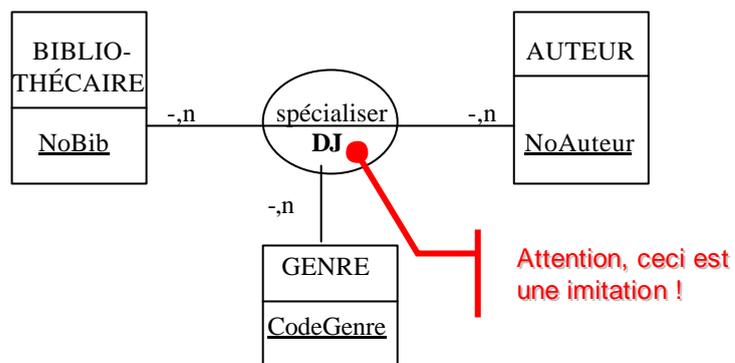


J'ai écrit que ce schéma est peut-être valide s'il s'agit de dire que les bibliothécaires sont spécialisés dans certains genres littéraires de certains auteurs. Eh bien, ce n'est pas si certain. Au sens strict, oui. Mais, je pourrais également me trouver en présence d'un ensemble de contraintes très sophistiquées²¹ :

- Si un bibliothécaire est spécialisé dans un certain genre d'un certain auteur, alors ce bibliothécaire est spécialisé dans cet auteur et cet auteur pratique ce genre.
- Un bibliothécaire est spécialiste d'un auteur s'il existe au moins un genre dont il est spécialiste, genre pratiqué par cet auteur.
- Un bibliothécaire est spécialiste d'un genre s'il existe au moins un auteur dont il est spécialiste, auteur qui pratique ce genre.
- Un auteur pratique un genre s'il existe au moins un bibliothécaire spécialiste de cet auteur et de ce genre.²²

La théorie de la normalisation relationnelle me dit que je suis en présence d'une dépendance de jointure.

Je peux délirer sur la représentation d'une telle dépendance dans le schéma conceptuel lui-même.



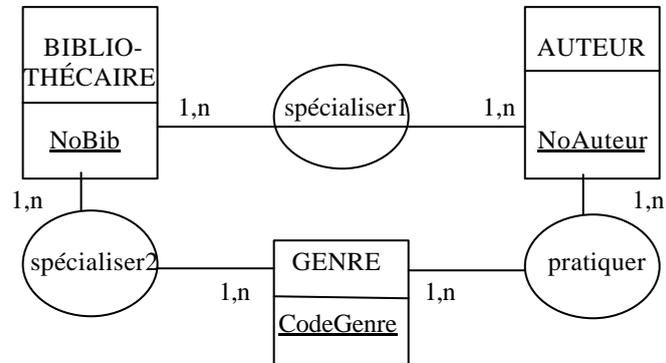
Par définition de la dépendance de jointure, la relation correspondante *spécialiser*(NoBib#, NoAuteur#, CodeGenre#) serait alors strictement égale à la jointure naturelle de ses trois projections *spécialiser1*(NoBib#, NoAuteur#), *spécialiser2*(NoBib#, CodeGenre#) et *pratiquer*(NoAuteur#, CodeGenre#).

²¹ La formulation de ces contraintes s'inspire de « Approfondir Merise, tome I : modèles conceptuels des données » de Matheron (aux éditions Eyrolles).

²² Il s'agit en fait de montrer que le concept « spécialiser » est entièrement couvert par trois concepts plus fins : *spécialiser*(auteur), *spécialiser*(genre) et *pratiquer*.

Bien qu'en 4^e forme normale, la relation *spécialiser* souffrirait de certaines redondances qui auraient pu être évitées en procédant à sa décomposition en les trois projections mentionnées ci-dessus, autrement dit en respectant les termes de la dépendance de jointure²³. Les trois relations résultantes seraient en 5^e forme normale.

On aurait pu obtenir directement cette décomposition à partir du schéma conceptuel suivant :



Un tantinet choquant, non ? Il faut dire que le modèle entité-association et le modèle relationnel ne jouent pas toujours dans la même cour, comme vous l'allez voir ci-après.

²³ Plus précisément, dans ce genre de cas où la relation est reconstituable à partir de trois projections, les spécialistes parlent de dépendance mutuelle.

L'agrégat

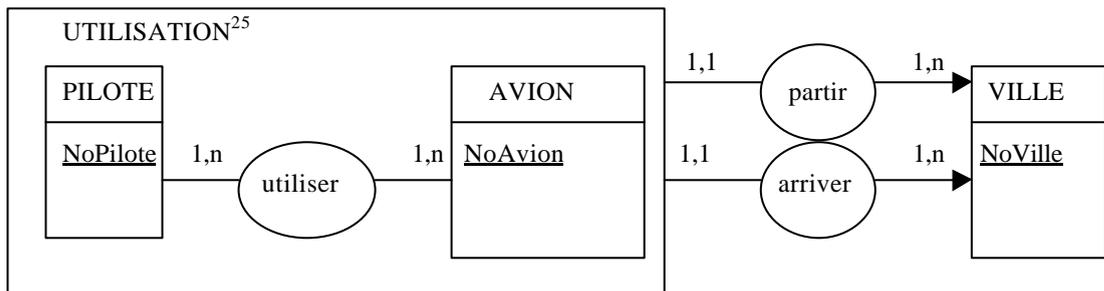
Nous avons vu qu'une représentation explicite de l'agrégat facilite l'expression de ce qu'une « fausse maigre » essaie de dire. Faut-il en déduire qu'un agrégat source d'une association fonctionnelle²⁴ est forcément valide ?

Aider les « fausses maigres » à s'accepter n'est pas la seule utilité de l'agrégat : celui-ci permet aussi de s'émanciper du cadre théorique qu'offre le modèle relationnel de Codd.

Cela ne doit pas conduire à un usage abusif de la notion d'agrégat car il faut savoir rendre à la ternaire ce qui lui appartient.

Les « fausses grosses »

Examinez le cas suivant inspiré de « L'art des bases de données, tome II : les bases de données relationnelles », de Miranda et Busta (aux éditions Eyrolles).

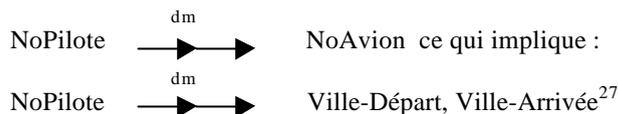


Vous êtes bien en présence d'une « fausse maigre » en cours de traitement, d'un agrégat source d'une association fonctionnelle, et même de deux, ce qui, en principe, valide doublement l'agrégat. Pourtant, la relation *utilisation* résultante peut poser des problèmes.

Soit la relation correspondante *utilisation(NoPiloteUtilisateur, NoAvionUtilisé, Ville-Départ, Ville-Arrivée*²⁶) sur laquelle est définie la contrainte suivante :

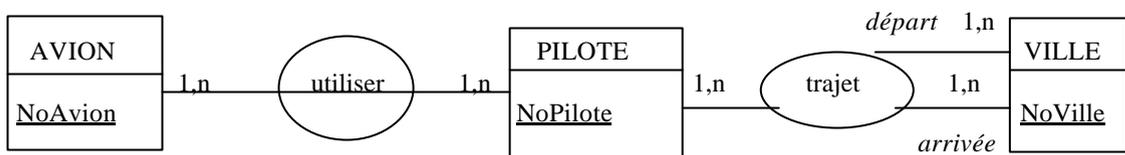
- Si un pilote utilise plusieurs avions, alors chacun de ces avions réalise le même ensemble de trajets.
- Si un pilote fait plusieurs trajets, alors chacun de ces trajets est réalisé par le même ensemble d'avions.

Vous reconnaissez là une dépendance multivaluée (non ?), à l'intérieur de la clé, ce qui est... Très douloureux ? Je ne sais pas, en tout cas ce n'est pas « quatrième normal » :



Il faut décomposer la relation utilisation en deux relations :

utiliser(NoPiloteUtilisateur, NoAvionUtilisé) et *trajet(NoPiloteTrajeté, Ville-Départ, Ville-Arrivée)* ce qui aurait pu être obtenu à partir du schéma conceptuel suivant :



Ce qu'il convient de représenter ce sont tout simplement les avions utilisés et les trajets effectués par les pilotes, indépendamment les uns des autres !

²⁴ Certains privilégient l'autre sens de lecture et parlent d'association « hiérarchique ».

²⁵ Vous comprendrez plus loin pourquoi le vocable « utilisation » a été préféré au vocable « vol » de l'original.

²⁶ Ces deux derniers attributs sont des clés étrangères faisant référence à la clé de la relation Ville.

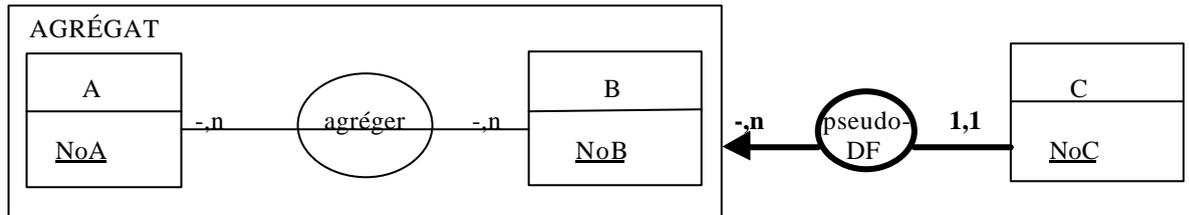
²⁷ Notez au passage que la cible d'une DM peut être composée puisqu'elle est le complément dans la relation de l'autre cible et de la source.

Les agrégats hors cadre

Un agrégat permet (trivialement) de construire des « associations d'associations » ou associations de 2^e niveau. Chaque fois qu'il n'y a qu'un seul agrégat dans la collection d'une association de 2^e niveau, que cette association de 2^e niveau est fonctionnelle (une cardinalité maximale égale à 1) et que la cardinalité maximale à 1 est sur le rôle de l'agrégat (autrement dit, chaque fois qu'il s'agit de traduire une « fausse maigre »), nous demeurons en correspondance avec le cadre théorique du modèle relationnel. Chaque fois qu'un de ses éléments fait défaut, nous en sortons.

Je vais maintenant examiner chacun de ces cas, dans le sens inverse de leur ordre de citation.

Cas n° 1 : Pseudo-DF



Où est le problème ? Pourquoi « pseudo » ? diront certains. Ce qui suit leur est destiné. Traduisons ce schéma conceptuel en relations. Il semble évident qu'on obtient :

$A(\underline{NoA}, \dots)$ $B(\underline{NoB}, \dots)$
 $agrégat(\underline{NoAAgrégé}, \underline{NoBAgrégé}, \dots)$ où $NoAAgrégé$ fait référence à NoA de la relation A et
 $NoBAgrégé$ fait référence à NoB de la relation B
 $C(\underline{NoC}, \dots, NoAPseudoDFisé, NoBPseudoDFisé)$ où $NoAPseudoDFisé, NoBPseudoDFisé$ fait
référence à $NoAAgrégé, NoBAgrégé$ de la relation $agrégat$

En utilisant la contrainte d'intégrité référentielle, il n'y a aucun problème pour implanter cette structure dans un SGBD relationnel (par exemple, Oracle). Cependant, cette précision ne peut être atteinte par le modèle relationnel de Codd qui, dans sa théorie de la normalisation, ne retient pas les DF ayant des cibles composées :

$NoC \twoheadrightarrow NoA, NoC$ sera décomposée en deux DF : $NoC \twoheadrightarrow NoA$ et $NoC \twoheadrightarrow NoB$.²⁸
 ce qui ne produit pas, reconnaissez-le, les bonnes contraintes référentielles.

En voici une illustration²⁹ :

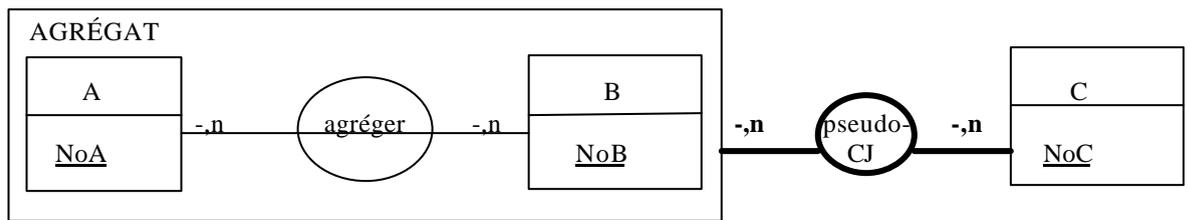
A		B		agrégat		C			
<u>NoA</u>	...	<u>NoB</u>	...	<u>NoA#</u>	<u>NoB#</u>	<u>NoC</u>	...	NoA'#	NoB'#
1	...	1	...	1	2	1	...	1	2
5	...	2	...	5	2	8	...	5	1

Problème !

²⁸ Ce n'est pas une anomalie, c'est le cadre formel de la théorie relationnelle qui impose cela. Admettre qu'une DF à cible composée peut être autre chose qu'une commodité d'écriture pour représenter un ensemble de DF à cible simple, admettre donc qu'une cible peut être composée serait admettre qu'on peut avoir « une relation à l'intérieur d'une relation ». Ce serait en complète contradiction avec la logique de 1^{er} ordre sur laquelle repose le modèle relationnel de Codd.

²⁹ Par souci de lisibilité, les clés étrangères sont suffixées par le symbole #.

Cas n° 2 : Pseudo-CJ



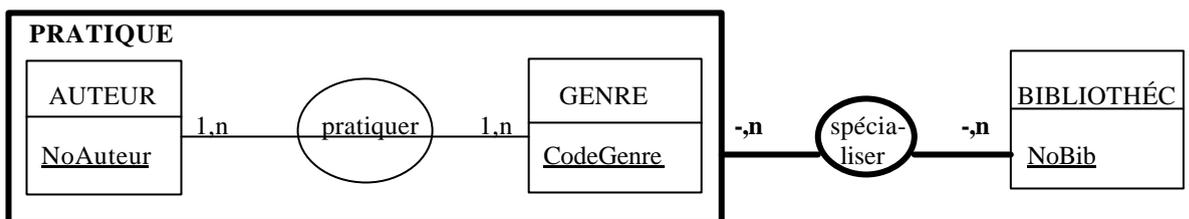
Ce cas n'est pas fondamentalement différent du précédent. Il demande seulement de passer de la notion de DF (dépendance fonctionnelle) à la notion de CJ (composante de jointure).

Prenons l'exemple de l'association *agréger* en supposant qu'elle ne possède pas de propriété. Au niveau relationnel, la relation *agréger(NoAAgrégé, NoBAgrégé)* ne peut pas être déduite de l'étude des dépendances fonctionnelles puisque nulle dépendance fonctionnelle n'a pour source *NoA*, *NoB*. Pour déduire cette relation, il faut prendre en compte les composantes de jointure (parfois appelée, dans un souci de simplification, « DF sans partie droite ») et produire des schémas de relation en 5^e forme normale et non plus seulement en 3^e forme normale.

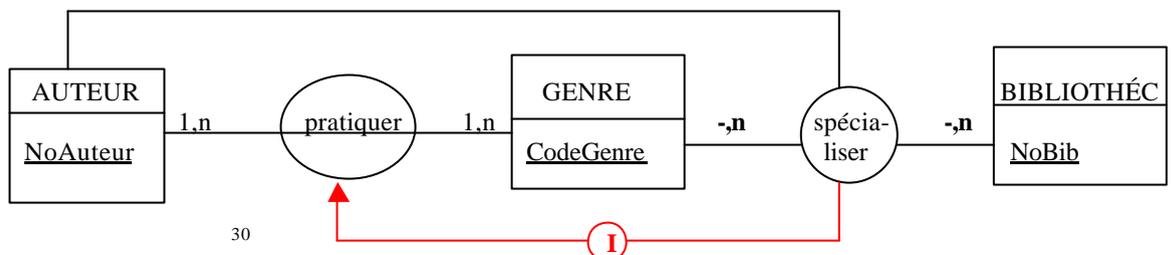
L'association *agréger* trouve donc un équivalent dans la théorie relationnelle : elle correspond à une composante de jointure. Mais on ne trouve pas cette correspondance pour l'association, appelée ici « pseudo-CJ », entre l'agrégat et l'entité C. Les raisons sont les mêmes que celles évoquées dans le cas n° 1. Ainsi, la traduction de ce schéma en relations (mentionnée ci-dessous) peut parfaitement être implantée dans un SGBD relationnel mais ne peut être obtenue par la théorie.

$A(NoA, \dots)$ $B(NoB, \dots)$ $C(NoC, \dots)$
agréger(NoAAgrégé, NoBAgrégé, ...) où *NoAAgrégé* fait référence à *NoA* de la relation A et
NoBAgrégé fait référence à *NoB* de la relation B
Pseudo-CJ(NoCPseudo, NoAPseudo, NoBPseudo)
 où *NoCPseudo* fait référence à *NoC* de la relation C et
NoAPseudo, NoBPseudo fait référence à *NoAAgrégé, NoBAgrégé* de la relation *agréger*

Dans l'exemple support de présentation du cas « junkie », la solution suivante s'impose sémantiquement, sinon formellement :



Dans ce genre de cas, certains ne représentent pas explicitement l'agrégat et s'appuient sur une contrainte d'inclusion.

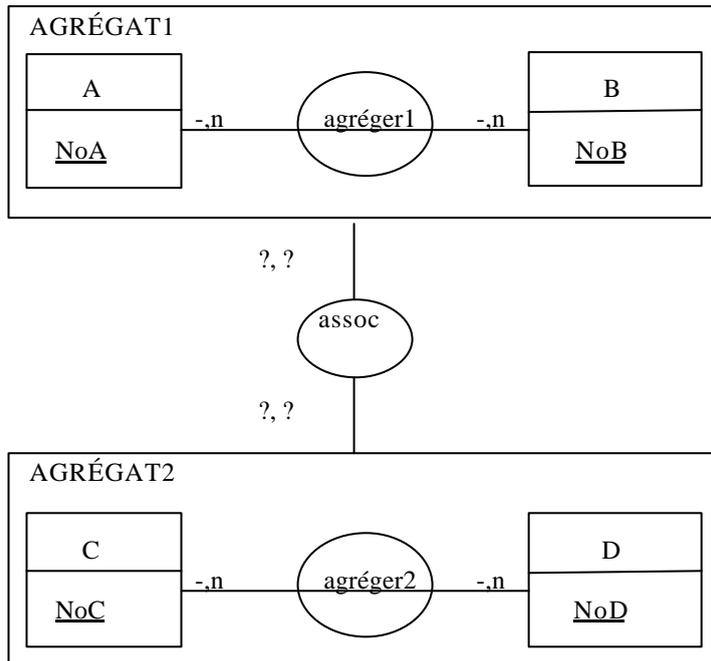


Cependant, il est tentant d'unifier les représentations et de choisir la représentation explicite de l'agrégat chaque fois que c'est possible. Je montrerai plus loin que ce n'est pas toujours réalisable.

³⁰ Où le pivot (AUTEUR – GENRE) peut rester implicite.

Cas n° 3 : Association d'agrégats

Enfin, je mentionne pour mémoire le cas a fortiori éloigné de la théorie relationnelle...



que je renonce à l'illustrer.

Quand utiliser les agrégats ?

Situation type

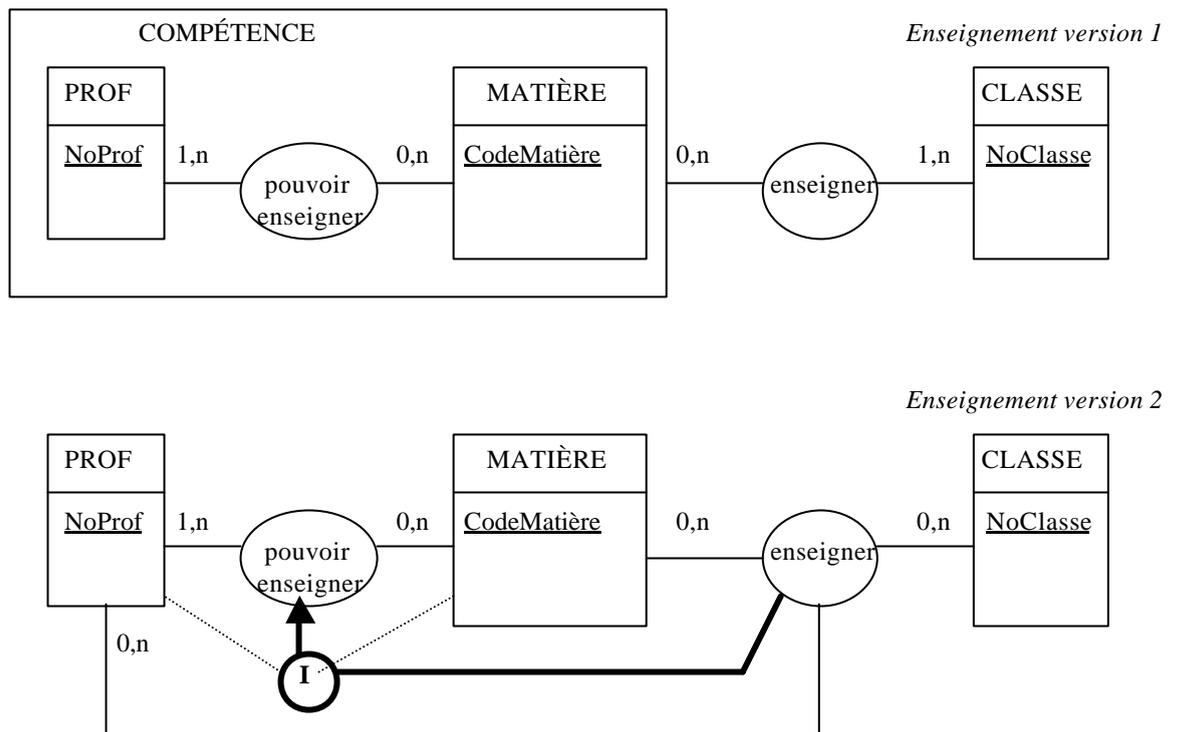
Parmi les situations types propices à l'agrégation, retenir la situation dans laquelle vous cherchez à modéliser un rapport entre des potentialités (exprimées par une association) et des réalités. L'exemple donné page 5 peut être interprété dans ce sens : le potentiel, ce sont les tranches, autrement dit les travaux à réaliser sur un chantier, travaux classés par type, le potentiel est la référence, il est représenté par l'agrégat ; le réel, c'est à qui sont confiés ces travaux, le réel fait référence au potentiel, il est représenté par une association liant une entité avec un agrégat. D'autres exemples sont plus directement interprétables en ces termes :

- Les professeurs sont compétents pour enseigner certaines matières (le potentiel) ; tel professeur enseigne telle matière dans telle classe (le réel), matière pour laquelle il est compétent (la référence au potentiel).
- Les agents hospitaliers sont habilités à commettre certains types d'actes médicaux (le potentiel) ; tel agent a commis tel acte (le réel) d'un type qu'il est habilité à commettre (la référence au potentiel).

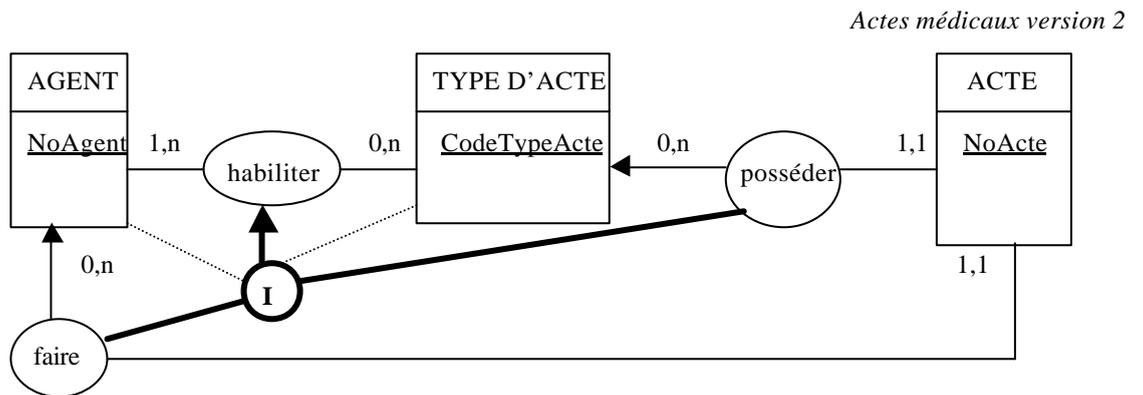
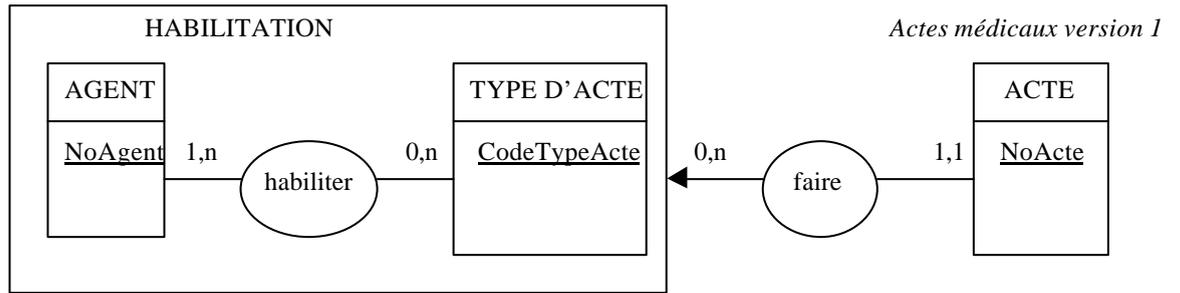
Agrégat et contrainte d'inclusion

J'écarte pour l'instant le cas de la « fausse maigre », traitée précédemment, où la DF justifie « en première lecture » l'emploi de l'agrégat. L'énoncé de la situation type décrite ci-dessus révèle une autre représentation de la « situation agrégative », représentation qui fait partie des choix opérés dans le modèle étendu français : la contrainte d'inclusion entre associations.

Voici deux exemples. Pour chaque exemple, les deux représentations, l'une utilisant l'agrégat, l'autre la contrainte d'inclusion, sont équivalentes.



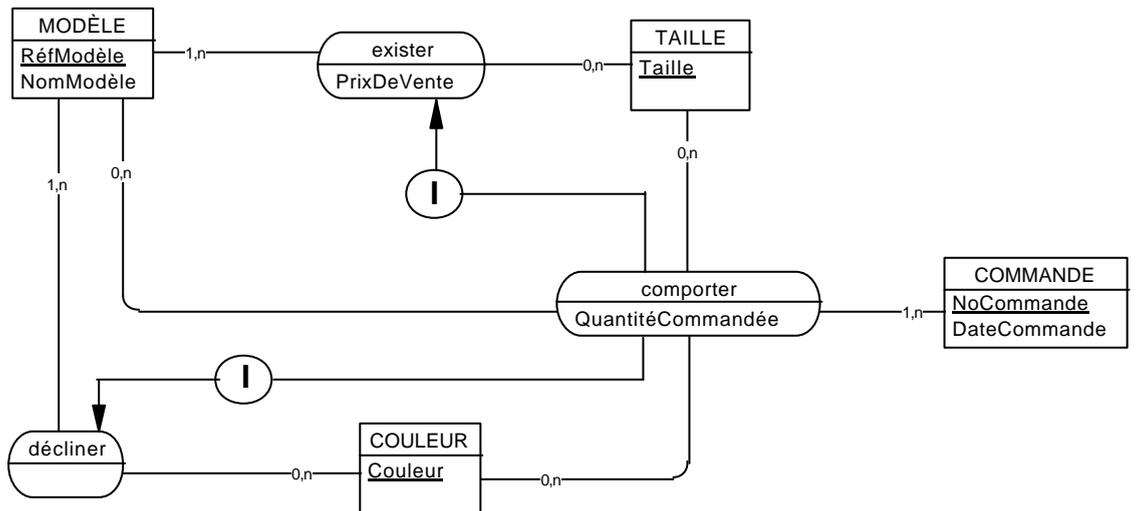
Remarque : La mention du pivot n'est pas obligatoire, puisque la contrainte porte sur ce qui est commun, l'intersection des collections des deux associations.



Remarque : La mention du pivot n'est pas obligatoire puisque la contrainte d'inclusion porte sur ce qui est commun, l'intersection de la collection de l'association cible (AGENT, TYPE D'ACTE) d'une part et de l'union des collections des associations sources (AGENT, ACTE → ACTE, TYPE D'ACTE) d'autre part.

Contre-exemple

Il s'appuie sur le cas Kentucky (concours interne 2000) évoqué précédemment complété par les commandes. Le corrigé que je propose se présente comme suit (extrait) :

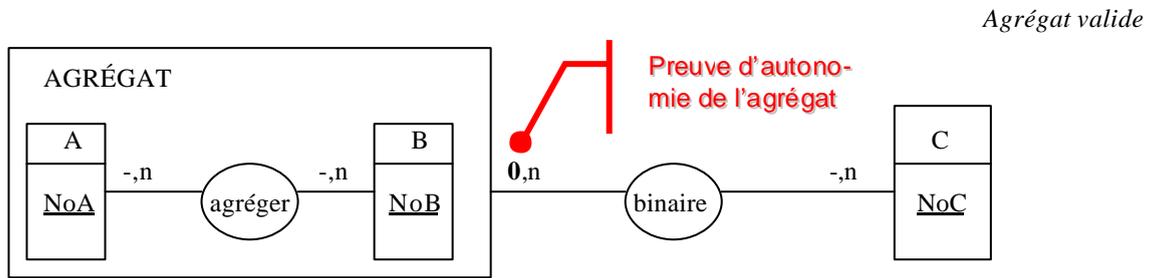


Ici, les contraintes d'inclusion sont « incontournables »... Si j'avais construit deux agrégats, ils feraient tous les deux partie de la collection de l'association *comporter*. Or ces deux agrégats partageraient une même entité (MODÈLE)... Je vous laisse conclure !

Validation d'un agrégat

Le seul cas posant véritablement problème est celui d'une association maillée³¹, « non porteuse » entre un agrégat et une entité.

- L'agrégat est justifié si la cardinalité minimale caractérisant son rôle dans l'association de deuxième niveau est égale à 0.



Le raisonnement peut se faire de façon plus coûteuse sur un schéma équivalent obtenu à l'aide d'une binaire, d'une ternaire et d'une contrainte interrelation. Il faut alors s'interroger sur la nature de la contrainte à placer entre les associations :

Si la contrainte d'inclusion au sens strict s'impose, alors l'agrégat est justifié.

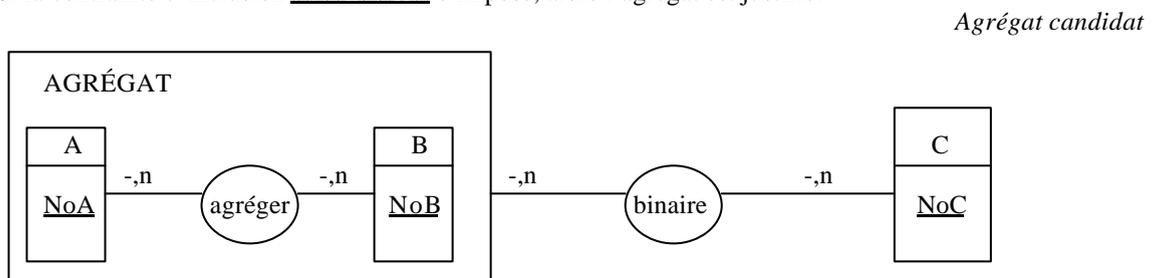
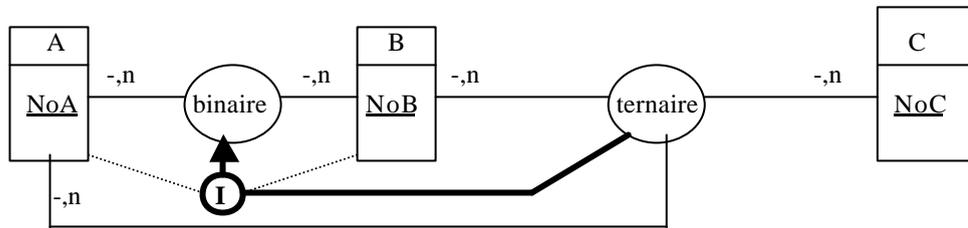
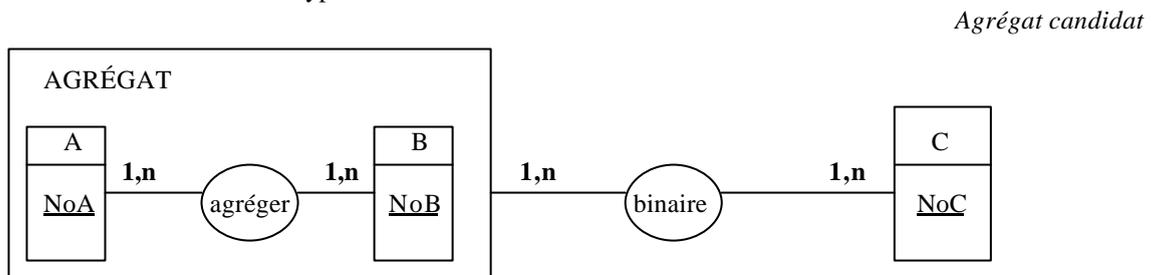


Schéma équivalent dans le contexte justifiant l'agrégat



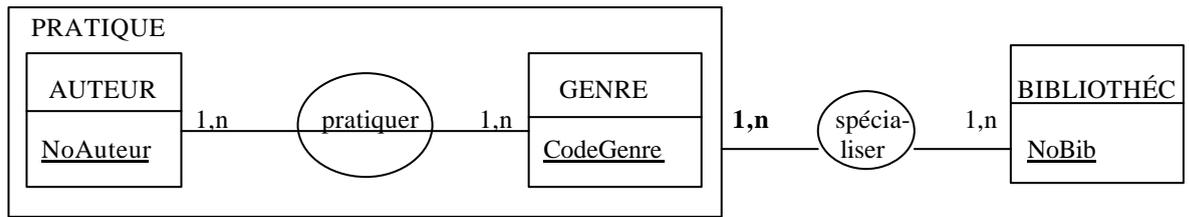
- Un seul (déli-)cas subsiste : celui où la cardinalité minimale du rôle de l'agrégat dans l'association de deuxième niveau est égale à 1.

Notamment dans le cas type suivant :



³¹ Association dont tous les rôles ont une cardinalité maximale égale à n.

Cas illustré à l'aide d'une variante d'un exemple fourni précédemment :

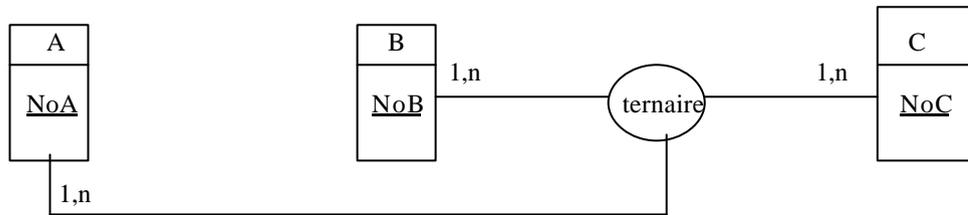


Dans les relations déduites *pratiquer*(NoAuteurPratiquant, CodeGenrePratiqué) et *spécialiser*(NoBibSpécialisé, NoAuteurSpécial, CodeGenreSpécial), où *NoAuteurSpécial*, *CodeGenreSpécial* fait référence à *NoAuteurPratiquant*, *CodeGenrePratiqué* de la relation *pratiquer*, la cardinalité minimale à 1 se traduit par la contrainte :

$$\text{spécialiser}[\text{NoAuteurSpécial}, \text{CodeGenreSpécial}]^{32} = \text{pratiquer}$$

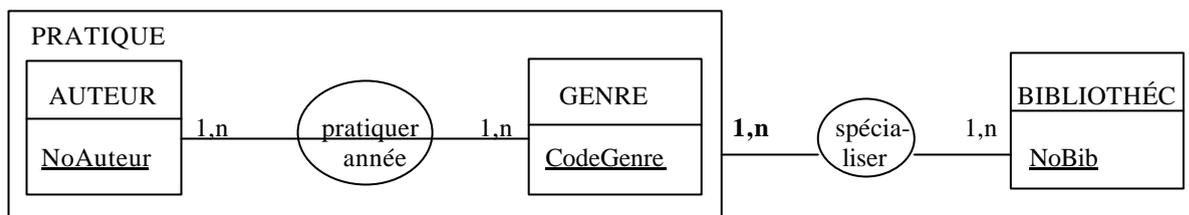
Certains diront : « Quel est donc l'intérêt de maintenir cette dernière ? ». Dans ce cas précis, je pense effectivement qu'une ternaire peut être tolérée³³.

*Schéma validé : tout simplement une vraie ternaire*³⁴



En cas de doute, on peut tenter de doter l'association constitutive de l'agrégat d'une propriété significative dans le contexte : une légère extrapolation vaut mieux qu'une grosse bourde.

Agrégat validé par la présence d'une propriété



Où *année* informe sur l'année à partir de laquelle l'auteur a pratiqué ce genre littéraire.

³² Ce qui se lit « *spécialiser* projetée sur... ».

³³ Il n'en demeure pas moins que, d'un point de vue sémantique, «pratiquer » est, dans l'exemple initial, le potentiel pour les spécialisations possibles des bibliothécaires. Dans le 2^e schéma, cette référence disparaît : la création d'une occurrence de l'association «spécialiser » n'impliquera plus de contrôler préalablement que l'auteur concerné a pratiqué le genre concerné au cours de sa carrière.

³⁴ A supposer qu'elle ne comporte pas de dépendance de jointure, cas plus que rarissime.

En conclusion³⁵

1. Dans une **ternaire**, une « **patte à 1** » révèle une **erreur de conception**.
2. Dans une **ternaire**, une **DF simple** révèle une **erreur de conception**.
3. Dans une **ternaire**, une **DF composée** révèle un **agrégat**.
4. Un **agrégat** est justifié lorsqu'il est **source d'une DF**.³⁶
5. Un **agrégat** est justifié lorsqu'il est **cible d'une « pseudo-DF »**.
6. Un **agrégat** participant à une **association maillée** est justifié lorsque la **cardinalité minimale** de son rôle est **égale à 0**.

³⁵ C'est par commodité que j'énonce des règles où les concepts du modèle entité-association et du modèle relationnel se chevauchent, dans la joie et la bonne humeur.

³⁶ Vous avons vu que cette règle, équivalente à la règle 3, est à tempérer puisqu'elle comporte une exception, celle où l'agrégat serait porteur d'une dépendance multivaluée (cas rare).

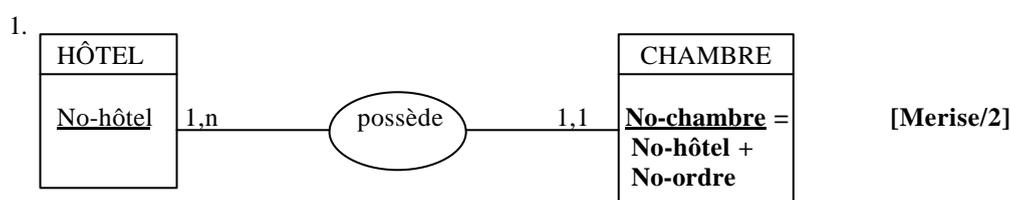
Annexe : Les représentations de l'entité faible et de l'agrégat

L'identification relative, les liens identifiants

En France, les concepteurs de modèles n'ont pas choisi de représenter de façon explicite les concepts d'entité faible et d'agrégat, comme il est fait dans les modèles anglo-saxons. Mais les notions d'identifiant relatif et de lien identifiant rendent les mêmes services. Vous pouvez estimer que les « modèles français » souffrent d'une absence de norme et d'un « déficit ergonomique ». Votre premier reproche serait fondé, indubitablement. Quant au deuxième ? L'expérience prouve que le modèle français est certes moins « visuel », mais qu'il est « robuste à la complexité », en permettant de représenter des situations hybrides, des cas plus complexes.

- **La représentation de l'entité faible : un identifiant relatif + un lien identifiant**

Prenez l'exemple de chambres d'hôtel possédant des numéros discriminants... à l'intérieur de l'hôtel auquel elles appartiennent. Voici les différentes versions publiées en France.



Ici, pas de grande nouveauté : le n° de chambre désigne une information composée, la composition est signalée dans le schéma lui-même plutôt que dans le dictionnaire de données.

Nous avons défini un objet comme ayant une existence propre, donc un identifiant indépendant de celui des autres objets.

Néanmoins, le critère d'« intérêt pour l'organisme » peut nous amener à considérer comme objet une entité qui n'a en fait d'existence que par rapport à un ou plusieurs objets. Ses relations avec ces objets peuvent alors être utilisées pour l'identifier.

(...) La propriété identifiant no de chambre est en fait la concaténation de no d'hôtel et de no de chambre dans l'hôtel.

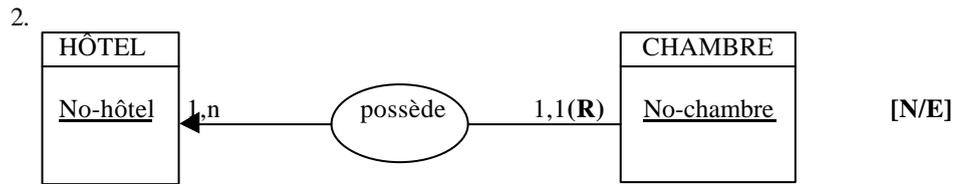
Dans ce cas, ce qui différencie une relation d'un objet, c'est :

- que la relation est identifiée entièrement de l'extérieur, alors que *l'identification d'un objet doit s'appuyer sur au moins une de ses propriétés,*
- que le cycle de vie d'une relation est entièrement dépendant du cycle de vie des objets qui y participent, alors que le cycle de vie d'un objet « relatif » n'est que partiellement dépendant des objets dont il dépend.³⁷ [Panet-Letouche p. 97-98]

Remarques

- Les vulgarisateurs patentés de Merise/2 n'utilisent ni l'expression « identifiant relatif », ni l'expression « entité faible ».
- Ils font référence aux « évolutions essentielles proposées par le Groupe 135 de l' AFCET » [Panet-Letouche p. 85]. Ils indiquent en effet, comme le suggère l' AFCET, la possibilité d'identifier un objet au travers de ses « relations avec d'autres objets » mais traduisent cela à la « manière relationnelle » en plaçant dans l'objet un identifiant obtenu par « concaténation », c'est-à-dire comportant à l'intérieur du rectangle la référence explicite à un autre objet, ce qui constitue une transgression malheureusement non justifiée aux règles du modèle entité-association.
- Je vous indiquerai plus loin que les règles mentionnées ci-dessus ne permettent pas de représenter la notion d'agrégat.

³⁷ Dans les citations de cette annexe, sauf précision contraire, je suis l'auteur du surlignage de couleur bleue.



Ici, le n° de chambre correspond au n° d'ordre de la première version. La pastille R est placée sur le lien entre l'entité faible et son entité forte (R pour relatif).

Identifiant relatif

Toute entité type doit être dotée d'un identifiant, et nous avons évoqué la difficulté d'inventer de telles propriétés. Certaines entités types ont par ailleurs une existence totalement dépendante d'autres entités types. On peut alors avoir recours à un *identifiant relatif*.

L'identification relative s'effectue :

- par une propriété stable de cette entité (qui ne remplit pas les conditions d'un identifiant absolu), dite **identifiant relatif** ;
- via une relation binaire porteuse d'une dépendance fonctionnelle obligatoire (c'est-à-dire une cardinalité 1,1) vers une entité dite de référence ; cette patte doit être définitive. (...)

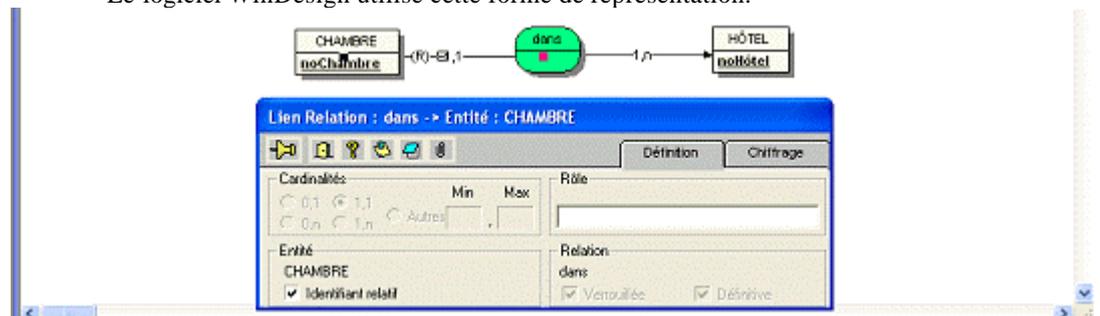
L'identification relative n'est pas un identifiant composé, car certaines propriétés constituant l'identification n'appartiennent pas à l'entité ainsi identifiée ; il est par ailleurs exclu de dupliquer des propriétés à fin d'identification. Enfin, l'identifiant relatif sera traité de façon particulière au niveau logique.

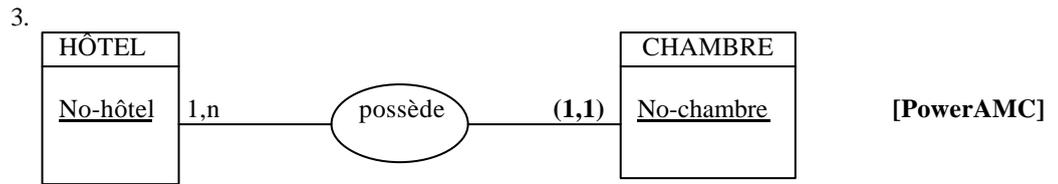
L'identification relative peut se propager à plusieurs niveaux, à travers des relations types binaires fonctionnelles obligatoires.

L'identification relative peut être multiple et s'exprimer à travers plusieurs relations. [Nancy-Espinasse p. 123]

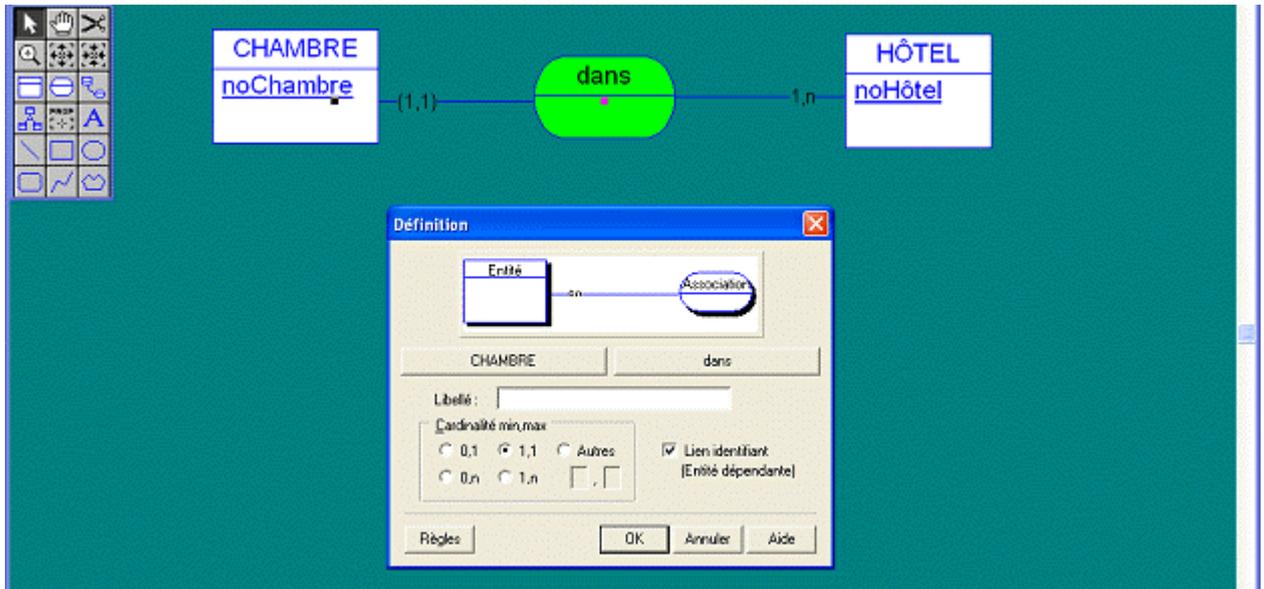
Remarques

- Ici, il est bien question d'identifiant relatif mais pas d'entité faible.
- L'identifiant relatif est une propriété de « l'entité faible », l'identification relative n'est pas un identifiant composé, car cette désignation est réservée aux identifiants composés de propriétés spécifiques aux entités (exemple : nom, prénom pour l'entité Personne).
- La notion de « patte définitive » (pastille D) est une autre extension du modèle : lorsqu'une chambre est attachée à un hôtel, le lien établi n'est pas modifiable. On parle également de « patte verrouillée » (pastille V) lorsque la collection d'occurrences de l'association attachée à une occurrence de l'entité (dont la « patte » est verrouillée) n'est pas modifiable (ainsi, la liste des mouvements de compte traduisant une opération dans une écriture comptable n'est pas modifiable). Une « patte définitive » avec cardinalités 1,1 est forcément une « patte verrouillée ». Finalement, la pastille R implique la pastille D qui implique dans ce cas la pastille V comme cela est visible ci-dessous (attention, les réciproques ne sont pas vraies).
- Le logiciel WinDesign utilise cette forme de représentation.





Mêmes principes que dans la précédente version. À la place de la pastille R, les cardinalités 1,1 (lien vers l'« entité forte ») sont mises entre parenthèses. Cette pratique est la plus répandue chez les professeurs de BTS IdG et du processus 10 en BTS CGO.



Remarques

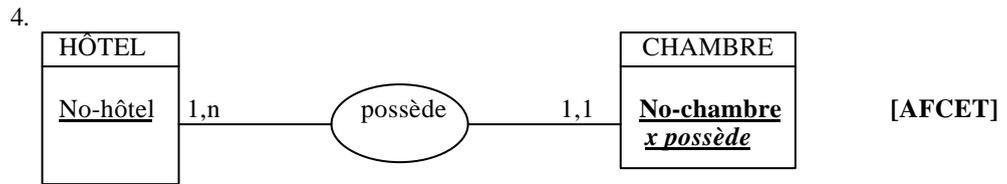
- Ici, le concepteur parle de lien identifiant et d'entité dépendante mais pas d'identifiant relatif.
- Toutefois, dans le processus de génération de la base de données, tout « identifiant » porté dans une entité participant en tant qu'entité « dépendante » à au moins un « lien identifiant », sera traité comme un « identifiant relatif ».
- Dans un ouvrage récent consacré au processus 10 du nouveau BTS CGO, il est écrit :

*Les parenthèses autour des cardinalités (1,1) permettent d'indiquer que [noChambre] est un identifiant relatif (...) Le lien identifiant entre les deux entités doit être stable. Il faut que l'on soit en présence d'une contrainte d'intégrité fonctionnelle (...) L'identifiant de [CHAMBRE] est l'identifiant relatif [noHôtel, noChambre] (...) L'identifiant relatif n'apparaît pas dans le S.C.D. de façon explicite (...)*³⁸

L'auteur emploie le vocabulaire de WinDesign (identifiant relatif) plus celui de PowerAMC (lien identifiant) avec le mode de représentation de ce dernier (1,1 entre parenthèses), tout en pensant, dans ses illustrations, que l'identifiant absolu est celui que préconise Merise/2 (noHôtel, noChambre), cet identifiant étant finalement qualifié d'identifiant relatif, en contradiction avec la définition qui précède !

Au demeurant, l'auteur parle ici de contrainte d'intégrité fonctionnelle (et non de « patte verrouillée ») en employant ce terme dans l'acception (DF non modifiable) proposée par un autre groupe d'auteurs « merisiens » (Rochfeld et Morejon, dans Merise Tome 3). C'est l'occasion de rappeler que le glossaire du Réseau CERTA explique depuis plusieurs années combien cette expression (contrainte d'intégrité fonctionnelle) est devenue ambiguë et qu'en conséquence il vaudrait mieux l'éviter.

³⁸ Entre crochets, j'ai transposé au cas traité dans ce cours l'illustration proposée dans l'ouvrage.



Mêmes principes que dans la précédente version. Ici, l'identifiant est défini sur un produit cartésien et, plutôt que de marquer le lien ou les cardinalités, le concepteur mentionne le nom de l'association comportant un lien identifiant.

5. Voici par comparaison une représentation graphique courante dans les pays anglo-saxons :

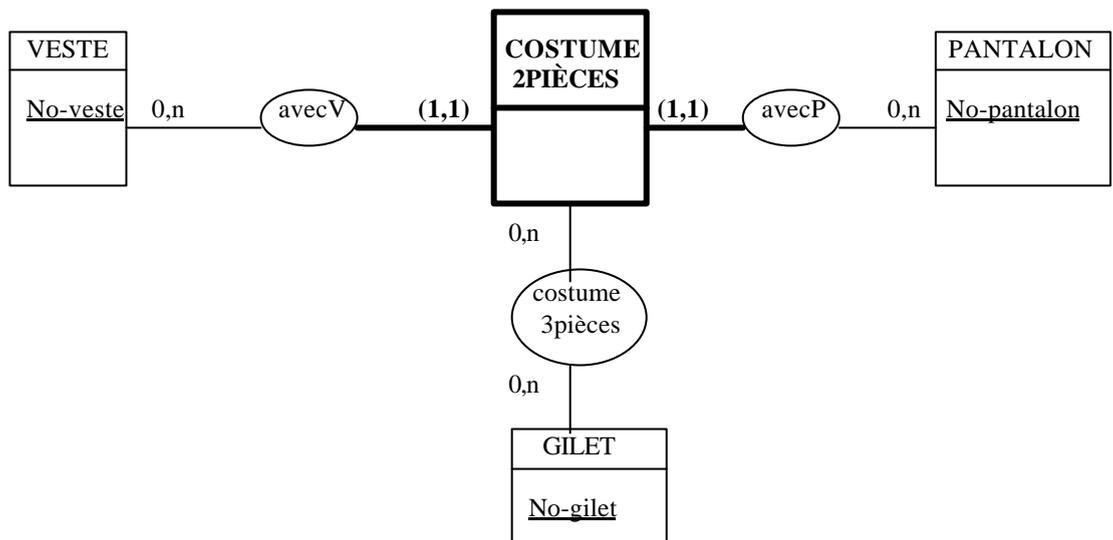


Dans le modèle anglo-saxon, une entité est représentée par un rectangle, couché et sans cartouche (les propriétés sont accrochées à une « échelle » hors rectangle). La notion d'entité faible (*weak entity*) est explicite. Elle est représentée très naturellement par un rectangle dans un rectangle. Le seul lien placé sur le rectangle extérieur est celui qui se dirige vers l'entité forte. Si l'entité faible entretient des relations avec d'autres entités, les liens correspondants seront placés sur le rectangle intérieur.

• **La représentation de l'agrégation : pourquoi pas deux liens identifiants ?**

Dans les extensions au modèle entité-association pratiquées en France, il n'y a pas, à ma connaissance, de représentation explicite de l'agrégation.

1. Le concept de lien identifiant satisfait discrètement le besoin. En voici un exemple où la représentation du lien identifiant est celle choisie dans PowerAMC :



COSTUME 2PIÈCES est représenté par une entité qui ne possède aucun identifiant propre, même pas d'identifiant relatif. Cette « entité » est entièrement identifiable par les liens qu'elle entretient avec les entités VESTE et PANTALON. C'est une association transformée en entité pour pouvoir construire une nouvelle association (costume 3pièces).

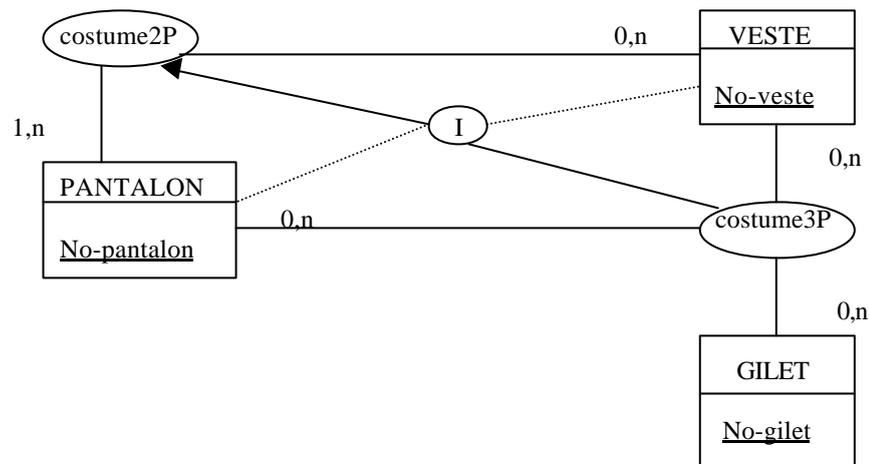
En Merise/2, à ma connaissance, cette possibilité n'existe pas. Nancy et Espinasse confondent quelque peu, me semble-t-il, cette situation avec la précédente :

*Dans certains cas d'identification relative multiple, la présence d'un identifiant relatif n'est pas obligatoire ; l'identification de l'entité s'effectue alors par la composition des identifiants de référence (...). Dans [l'exemple], une telle situation pourrait inciter à modéliser la notion [représentée par une entité sans identifiant propre] par une relation, surtout si elle n'était pas elle-même impliquée dans une autre relation. Toutefois le caractère d'objet concret d'intérêt pour l'utilisateur l'emporte sur la « faiblesse » d'identification ; ainsi une telle entité est parfois qualifiée **d'entité faible**. [Nancy-Espinasse p. 123-124]*

Remarques

- L'exemple traité dans l'ouvrage relève bien de ce que j'appelle l'agrégation. Les auteurs s'appuient sur une entité Dossier qui ne possède pas d'identifiant relatif ; elle est uniquement identifiable par les liens qu'elle entretient avec deux autres entités (Service et Personne) ; elle entretient cependant des liens avec une autre entité (Demande).
- Notez que les auteurs ne rendent pas obligatoire cette participation à d'autres associations : selon eux, c'est la perception de l'utilisateur qui prime.
- Curieusement, c'est cette situation précise qu'il désigne par l'expression « entité faible » !

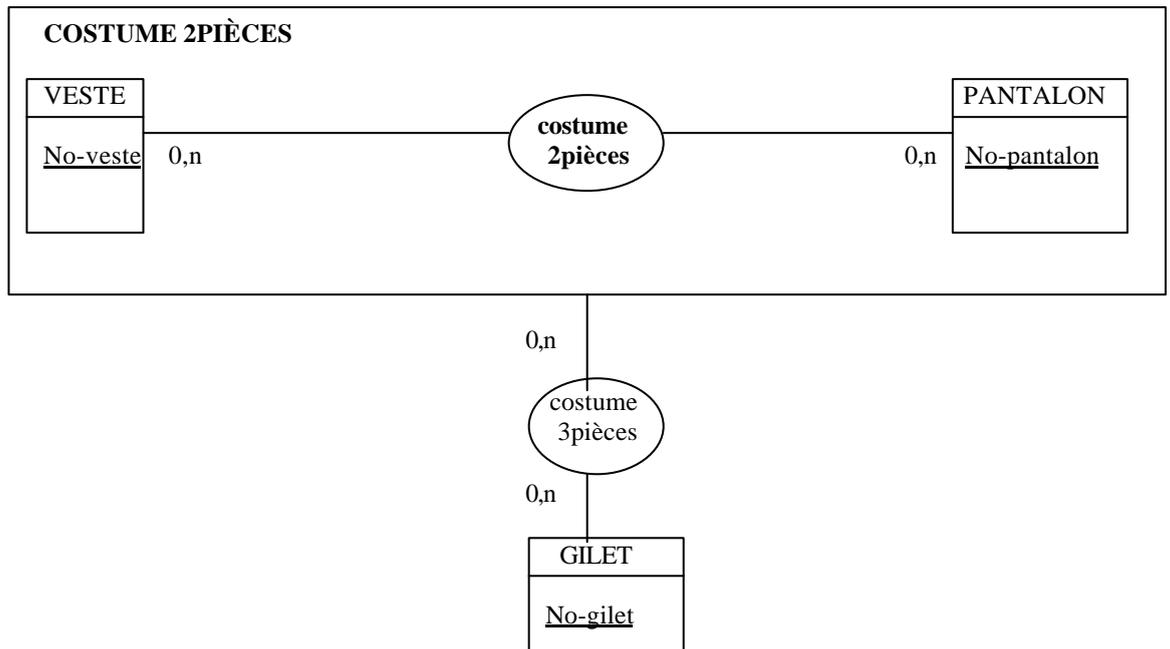
2. Certaines contraintes d'inclusion « cachent » des agrégats :



Remarques

- L'unité de représentation constitue la principale qualité de cette solution.
- La contrainte d'inclusion vient remédier à l'absence de contraintes référentielles explicites.
- Cette solution, aussi peu ergonomique que la précédente, ne résiste pas à la complexité.

3. D'autres représentations existent, parmi lesquelles une représentation inspirée de celle que proposent dans les modèles anglo-saxons. Curieusement, c'est la représentation la plus diffusée dans nos STS informatique de gestion.



En fait, contrairement à ce qui est fait ci-dessus, la « super-entité » est rarement nommée.

Enfin, vous pouvez voir que, dans le modèle anglo-saxon, la cohérence de représentation est respectée, puisque, je le rappelle, l'entité y est représentée par un rectangle couché sans cartouche. Cette cohérence est perdue en utilisant la représentation « tel que » en France. Cette insuffisance a inspiré une nouvelle variante : l'agrégat est représenté dans un rectangle doté d'un cartouche, comme les autres entités du modèle français.

