

Deuxième partie

Niveau conceptuel

Chapitre 3

Acteurs et flux

3.1 Flux et acteurs chez Merise

Dans une première approche, il est conseillé d'aborder l'étude du contexte de manière globale. À cet égard, la distinction entre CONTEXTE et DOMAINE est importante. Le contexte est généralement celui de l'entreprise, considérée comme un tout, tandis que le domaine se limite à la partie de l'entreprise concernée directement par le projet. Nous avons vu plus haut que le domaine, ou les domaines, relèvent du schéma directeur et qu'ils n'étaient pas toujours directement identifiables.

La méthode Merise propose une approche intéressante de la définition des domaines en partant d'une étude sans *a priori* des acteurs et des flux.

Un **acteur** constitue une notion relativement vague qui peut recouvrir différentes notions :

- un partenaire extérieur
- un domaine d'activité de l'entreprise
- un ensemble d'activités
- un élément structurel de l'entreprise

Un acteur fait quelque chose, il est actif.

Un **flux** est un échange entre deux acteurs. Ce peut être :

- une matière
- une monnaie (fiduciaire ou scripturale)
- une information
- un actif (matériel ou savoir faire)
- un membre du personnel ou un groupe

On dessine alors des diagrammes de flux qui représentent ces échanges entre les différents acteurs .

Le premier diagramme (voir figure 3.1) montre une compagnie d'assurance¹. Ce diagramme a été réalisé avant la délimitation des frontières des domaines. Il permet précisément d'aider à les établir.

Ce schéma appelle quelques remarques. Il s'agit ici de la modélisation du fonctionnement d'une assurance en responsabilité civile, destinés à des conducteurs de véhicule. On constate qu'il ne mentionne pas la transaction qui vise à indemniser le conducteur victime d'un accident. En effet, si le conducteur est en droit, c'est la compagnie adverse qui l'indemnise² (ça ne concerne pas la compagnie que nous étudions). L'indemnisation de la victime se fera par

¹Il est repris à l'ouvrage déjà cité de NANJI et ESPINASSE.

²Dans la pratique, pour éviter des frais inutiles, c'est en fait la compagnie de l'assuré qui rembourse les frais de réparation, les différentes compagnies se réservant le droit de se rembourser mutuellement au terme d'une période fixe par le biais d'une caisse de compensation. Les banques procèdent de même.

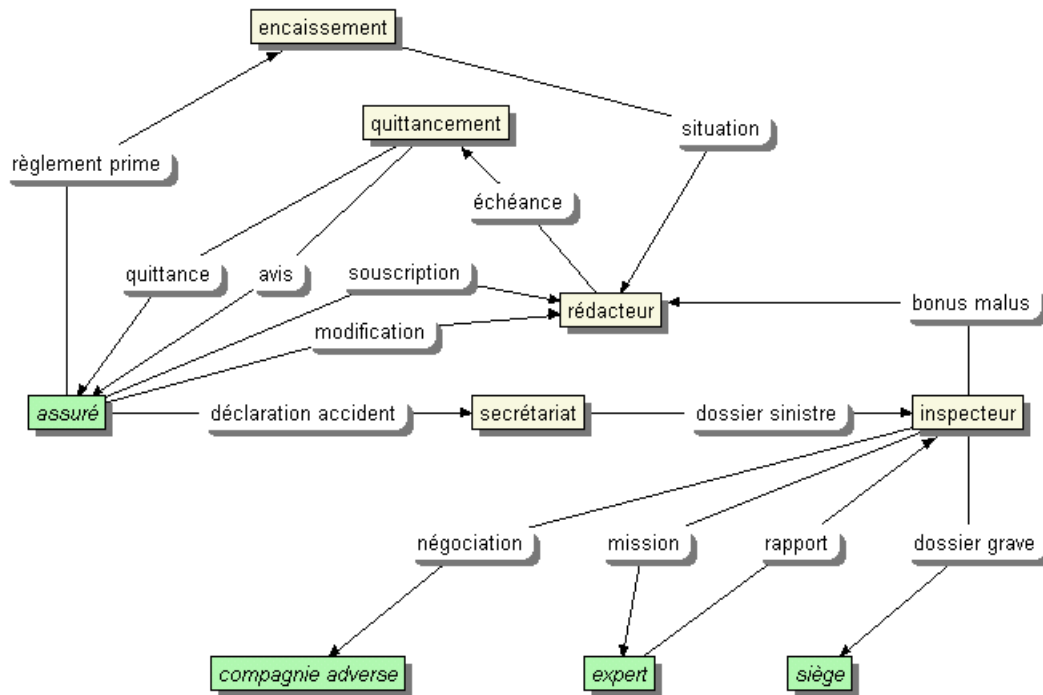


FIG. 3.1 – Diagramme des flux

l'entremise de leur compagnie (voir le flux négociation). Notre schéma garde le silence sur cette indemnisation, qui concernerait notre assuré. La prise en compte de ce flux n'aurait rien apporté à la démonstration.

Parmi les différents acteurs, nous pouvons assez facilement déterminer deux types d'acteurs :

- les acteurs **externes** qui ne font pas partie du domaine. Dans notre exemple, nous trouvons l'expert, le siège, la compagnie adverse et l'assuré.
- les acteurs **internes** qui doivent être considérés comme des moyens ou des ressources. On placera parmi eux le rédacteur, le secrétariat, l'inspecteur, l'encaissement et le quittancement. Notons que le projet, influencé par une décision de gestion, peut remettre en cause le rôle ou l'existence même de ces acteurs internes (en supprimer ou en ajouter). Par contre, nous n'avons aucun pouvoir sur les acteurs externes et les autres domaines, nous devons nous en accommoder. On peut aussi classer les acteurs internes en fonction de leur spécialisation : on distinguera ceux dont le rôle relève de la comptabilité de ceux qui s'occupent de la branche Auto de l'assurance.

En opérant ces distinctions, on est alors en mesure de réaliser un diagramme des flux avec des frontières (voir figure 3.2) : on distinguera la compagnie et deux de ses services. Dans certains cas, on pourra d'ailleurs directement réaliser ce schéma avec ses frontières si l'organigramme de la société est fortement structuré (services distincts, aux compétences précises). Dans le cas d'une P.M.E. ou d'un organisme de petite taille, ce schéma est plus difficile à établir. Dans une épicerie, on n'a parfois qu'une seule personne pour assurer tous les rôles.

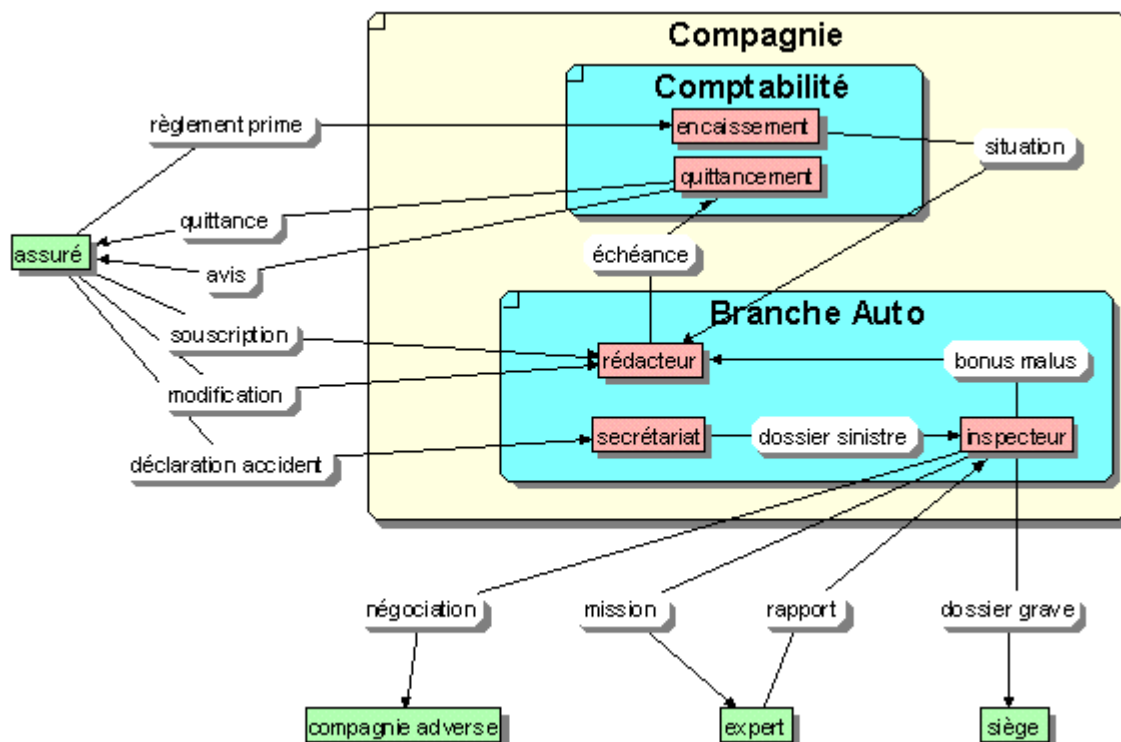


FIG. 3.2 – Diagramme des flux avec frontières

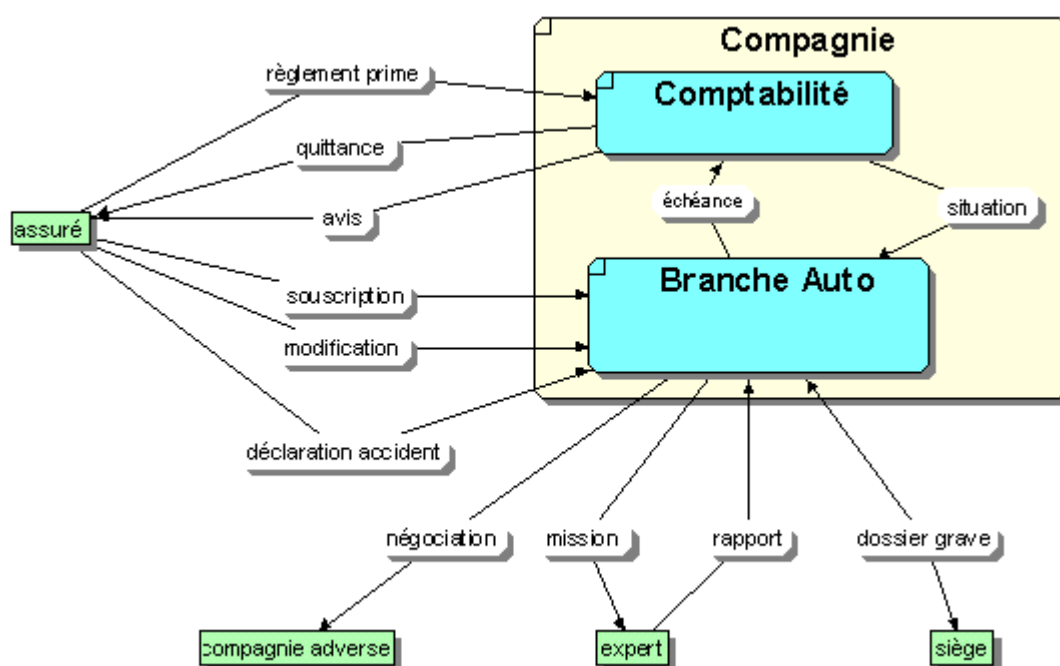


FIG. 3.3 – Diagramme conceptuel des flux

De ce diagramme avec frontières, on peut facilement passer à un diagramme conceptuel (voir figure 3.3), qui ne maintient que :

- le domaine étudié ;
- les acteurs externes ;
- les autres domaines.

Le diagramme conceptuel fait abstraction de tous les moyens utilisés par le domaine pour réaliser son but : les acteurs internes disparaissent, ainsi que les messages qu'ils échangent.

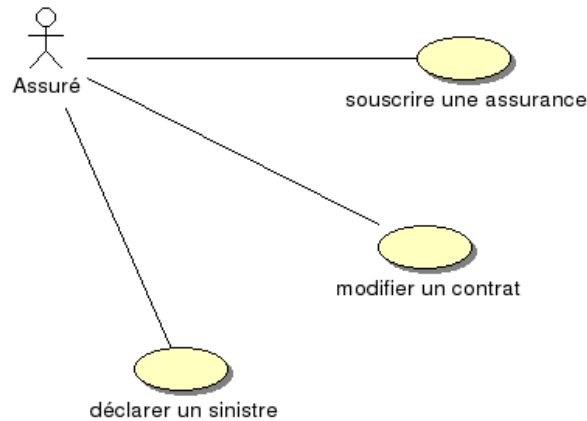


FIG. 3.4 – Cas d'utilisation de l'assuré

Cela permet de se concentrer sur les finalités du domaine et de les étudier sans parti pris.

Les diagrammes de flux constituent une étape obligée d'une bonne analyse. Nous reprenons en synthèse leurs différents avantages :

1. proposer une modélisation initiale du domaine, en incluant parfois le contexte
2. établir un catalogue exhaustif de tous les messages reçus et émis par le domaine (plus quelques messages internes parasites)
3. proposer un diagramme lisible par les commanditaires qu'ils pourront ainsi valider
4. faciliter la distinction du domaine par rapport à son contexte dans des cas complexes
5. parvenir, par le biais du diagramme conceptuel des flux, à une visualisation du domaine comme une boîte noire.

En disposant du diagramme conceptuel des flux, nous sommes à présent en mesure d'établir plus facilement les deux modèles abstraits : le MCD et le MCT. Ils feront l'objet de deux prochains chapitres. En effet, pour ceux-ci, nous nous limiterons à déterminer les données et les traitements que nécessitent les flux entre les différents acteurs ou domaines externes et le domaine principal.

3.2 Comparaison avec les méthodes d'analyse orientée objet

3.2.1 Diagrammes de cas d'utilisation

La décision d'utiliser un langage à objets survient à un stade plus avancé de l'analyse. On peut pourtant, à un stade précoce de l'analyse, se voir tenté par les technologies proposées par l'analyse objet. Il ne faut pas confondre les acteurs vus par Merise et ceux des méthodes anglo-saxonnes qui emploient le langage UML. L'une des démarches initiales de toutes ces méthodes consiste à réaliser des diagrammes de cas d'utilisation dans lesquels on attribue à un ou plusieurs acteurs des cas d'utilisation qui peuvent rappeler par certains aspects les diagrammes de flux.

Un cas d'utilisation décrit un ensemble de scénarios caractérisés par une intention claire et unique. À titre d'exemple, la figure 3.4 propose une représentation des cas d'utilisation de l'assuré d'une compagnie d'assurance :

- *souscrire une assurance* : le scénario le plus optimiste se termine par la rédaction d'un contrat. D'autres scénarios alternatifs devront cependant s'envisager : refus d'assurer un chauffard notoire, primes trop élevées refusées par l'assuré...
- *modifier les clauses d'un contrat*
- *déclarer un sinistre.*

En dépit de certaines analogies, les cas d'utilisation ne correspondent pas du tout aux diagrammes de flux ;

- ils tentent de représenter l'interaction d'un acteur (interne ou externe) avec **le système informatique**. Cela signifie que l'examen des cas d'utilisation de l'assuré que nous venons d'examiner n'est légitime que si l'assuré utilise un programme informatique de l'entreprise. La chose semblait inconcevable il y a seulement dix ans. Le développement d'Internet a pourtant banalisé ce genre de pratiques. Il est parfaitement concevable aujourd'hui d'imaginer un site sur lequel on peut souscrire une assurance et déclarer un sinistre.
- les cas d'utilisation illustrent le plus souvent les intentions de l'acteur. Ils ne sont pas destinés à mettre en évidence l'acteur comme destinataire de messages résultant de traitements complexes (les quittances et factures envoyés par la comptabilité), ni les actions réalisées sans le support de l'informatique (le paiement de la facture).
- les acteurs externes n'entrant pas toujours en relation avec le système informatique, l'ensemble des cas d'utilisation constituera nécessairement un sous-ensemble des échanges de messages présentés par un diagramme de flux.
- enfin, comme les cas d'utilisation supposent une interaction avec le système, ils présupposent un modèle dans lequel les postes de travail (ou les terminaux) ont déjà été, au moins implicitement, définis. Ils s'insèrent dans un modèle organisationnel des traitements alors que les diagrammes de flux constituent un prérequis pour l'élaboration du modèle conceptuel.

3.2.2 La méthode 2TUP de Roques

L'un des spécialistes actuels les plus connus en France est certes Pascal Roques³. Sa méthode 2 Track Unified Process (familièrement surnommée « toutiyoupi » ou 2TUP) jouit d'une certaine notoriété. Dans la capture initiale des besoins, Roques propose un diagramme qu'il nomme « diagramme de contexte dynamique » qui rappelle un peu le diagramme des flux, à ceci près qu'il s'agit de messages échangés entre les acteurs et le système, comme le montre la figure 3.5. Il s'agit ici encore d'un diagramme de type organisationnel.

Exercices

Réaliser les diagrammes conceptuels de flux pour les cas suivants :

Exercice 1 : Une épicerie de quartier.

Exercice 2 : Un magasin vendant du matériel de construction et de bricolage.

³Voir ses nombreux ouvrages aux Editions Eyrolles et les nombreux séminaires qu'il organise pour les entreprises françaises, par le biais de sa société Valtech. La méthode que j'évoque ici est amplement décrite et illustrée dans Pascal ROQUES, Franck VALLÉE, *UML en action, de l'analyse des besoins à la conception en Java*. Paris, Editions Eyrolles. L'ouvrage a connu plusieurs éditions et sert de fil conducteur à mon cours d'Analyse et Conception d'applications.

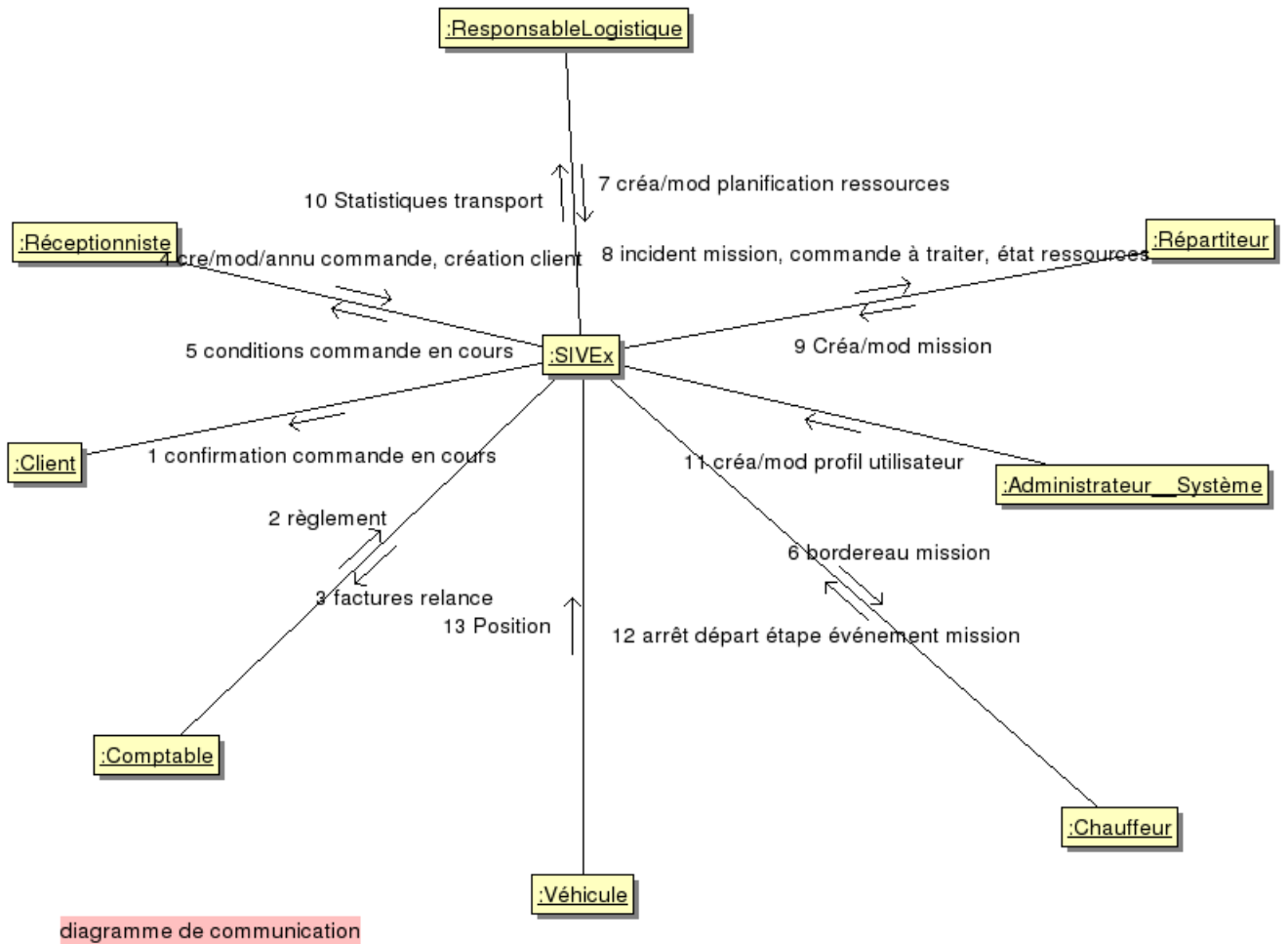


FIG. 3.5 – Diagramme de contexte dynamique dans 2TUP

Exercice 3 : Un hôtel comportant un restaurant, un café/bar et des chambres. Le projet porte sur la facturation des services aux clients qui résident dans l’hôtel. Cet exemple sera largement développé au cours.

Chapitre 4

Modèle conceptuel des traitements (MCT)

Ce modèle entreprend de décrire les traitements effectués par le domaine, indépendamment des ressources (en matériel ou en personnel). Le traitement ne se limite pas à l'algorithme de traitement des données. Il prend en compte l'intégralité des processus déclenchés dans le domaine par l'interaction avec les stimulations de l'environnement.

4.1 Éléments constitutifs

4.1.1 Acteurs

Le niveau conceptuel ne prenant pas en compte les contraintes organisationnelles, on se limitera aux seuls acteurs externes. Les interactions avec les acteurs internes font nécessairement appel à un découpage organisationnel. La notion d'acteur a déjà été définie précédemment, lors de l'examen du modèle de la communication. Il faut noter que parmi les acteurs, il en est un particulier, nommé le pilote qui permet de déclencher des opérations de manière spontanée. Par exemple, l'impression des factures destinées aux clients se déclenche à un moment précis de la journée, de la semaine ou du mois, selon la décision prise par les gestionnaires. On dira que c'est le pilote qui en est l'instigateur.

4.1.2 Événements/résultats-messages

On conçoit facilement ce que représente un événement, toujours issu d'un acteur externe. Le résultat est ce qui est produit par l'entreprise (généralement un document, un service ou un bien). À ces événements et à ces résultats sont associés des « messages », c'est-à-dire un ensemble d'informations qui les décrivent. Notons qu'une série de messages peuvent figurer sur un même support, dans le cas d'un dossier, par exemple.

4.1.3 Opérations

On entend par là l'ensemble des fonctions à assurer (décisions, règles de gestion, actions sur les données, traitements sur les données, toute forme d'action). À l'intérieur des opérations, il faut prévoir de spécifier les conditions qui vont déterminer l'émission de résultats différents selon les circonstances (ex. acceptation d'un dossier, ou son refus). A ce niveau d'analyse, les opérations sont simplement énumérées, sans tenir compte des détails de leur

mise en œuvre. Notons également que les opérations, vues du point de vue qui est le nôtre actuellement, peuvent masquer des traitements complexes. Un exemple le montrera.

Un client sollicite un service. L'employé qui traite son cas va rédiger un document, qui sera expédié au directeur. Lors du retour du document signé, l'employé continue à le modifier avant de le remettre au client. Pour notre analyse, l'intervention du directeur, l'envoi et le retour du document ne doivent pas figurer dans le modèle. Cela s'explique par le fait que cette procédure ne concerne aucunement le client et est donc cachée du point de vue de l'analyse conceptuelle. À l'inverse, si le traitement d'un dossier nécessite des renseignements complémentaires fournis par le client, notre modèle devra le montrer.

4.1.4 Synchronisation

Une opération est souvent liée à l'intervention d'un acteur externe qui déclenche un événement. Il arrive fréquemment que plusieurs événements interviennent. Il est nécessaire de prévoir les liens logiques entre ces événements (il s'agit des connecteurs classiques de la logique des propositions : ET, OU, NON).

Par exemple, l'inscription d'un nouveau membre peut nécessiter la sollicitation du candidat et le parrainage d'un membre existant. Les deux événements sont nécessaires. On aura ici un connecteur ET. Dans un autre contexte, la convocation à une réunion d'assemblée peut résulter d'une initiative de deux acteurs différents (par exemple, le président ou un nombre défini de membres).

Cette règle de synchronisation introduit la notion d'attente, lorsque plusieurs événements sont nécessaires. Il est alors nécessaire de différencier les événements qui sont en attente, de ceux qui ont déjà déclenché un traitement et ne sont donc plus à prendre en compte. Les auteurs de la méthode suggèrent l'utilisation d'un jeton, qui est attribué à un événement lorsqu'il survient et qui lui est retiré lors du début du traitement.

4.1.5 Processus

Le modèle peut présenter différents niveaux d'abstraction, qui s'emboîtent. Ce découpage permet d'isoler des grandes activités au sein du domaine, chacune d'elle faisant l'objet d'un découpage à un niveau moindre d'abstraction. Par exemple, le domaine assurance-auto d'une grande compagnie se résume à trois processus : la prospection, la gestion des contrats et la gestion des sinistres.

4.1.6 Notions complémentaires

Des éléments complémentaires sont parfois ajoutés au modèle :

- le nombre d'occurrence d'un résultat (par défaut 1) ;
- le nombre d'occurrences d'un événement dans le déclenchement d'une synchronisation (ici encore par défaut 1).

4.2 Formalisme de représentation

Voir figure 4.1.

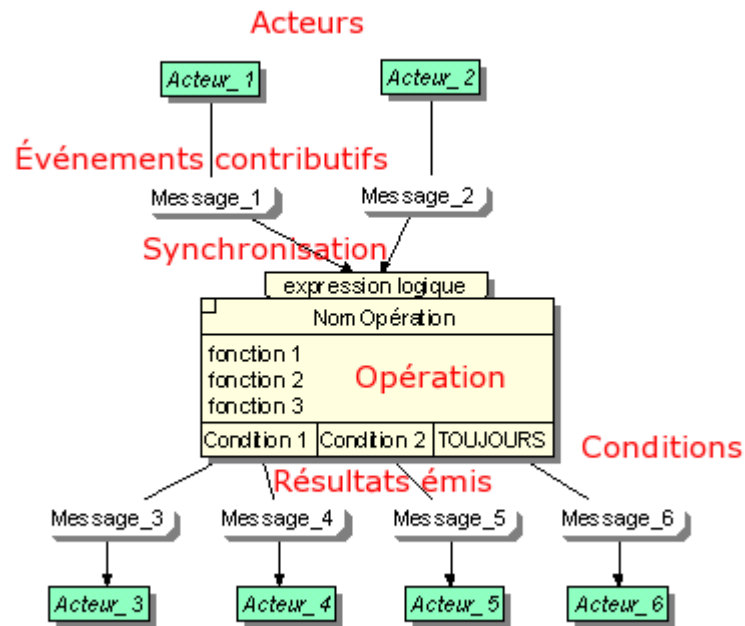


FIG. 4.1 – Éléments d'un MCT

4.3 Règles de vérification

Un ensemble de règles permettent de faire passer au MCT un examen de conformité. La première exigence est qu'il soit le reflet du domaine qu'il est censé modéliser. À cet égard, l'avis des membres du comité directeur joue un rôle de validation prépondérant.

Notons que, pour des analystes débutants, le MCT paraît difficile à réaliser. On se trouve souvent face à des événements dont on situe mal l'émetteur, des messages sans destinataires, des opérations qui ne semblent avoir ni messages en sortie ni destinataire. Dans la grande majorité des cas, ces « erreurs » résultent d'une mauvaise compréhension du cheminement des informations dans l'entreprise. Un retour sur le terrain permettra de résoudre les impossibilités. Dans de rares cas, on peut trouver des opérations qui n'ont pas de messages en sortie. Dans ce cas, une conclusion s'impose : l'opération est inutile. Avant d'en arriver à cette affirmation, il convient de bien vérifier. Il arrive souvent qu'une opération ait une finalité lointaine, totalement ignorée de celui à qui revient de la réaliser.

Il existe heureusement quelques règles formelles qui peuvent nous aider lors de la validation d'un modèle en mettant à jour des erreurs de conception faciles à éviter..

4.3.1 Règles de syntaxe

- un événement provient au moins d'un acteur ou du « pilote » ;
- un acteur produit au moins un événement ou reçoit au moins un résultat ;
- un résultat provient au moins d'une opération ;
- tout résultat a au moins une destination : acteur, opération ou synchronisation ;
- une opération est déclenchée soit directement par un événement ou un résultat, soit par une synchronisation unique ;
- une synchronisation lie au moins deux événements ou résultats par une expression logique.

4.3.2 Règles de fonctionnement

- un fonctionnement cyclique doit pouvoir être contrôlé (éviter le «bouclage infini»);
- tout résultat doit pouvoir être émis (chemin prévu et compatibilité des conditions);
- les situations de conflits doivent être analysées. Plusieurs solutions sont possibles :
 1. au cas où un même résultat concerne deux acteurs (facture envoyée à un client et à un autre service), celui-ci sera simplement dupliqué;
 2. lorsqu'un même résultat sert de déclencheur à deux opérations incompatibles (un dossier bouclé pouvant servir à la conclusion ou à de nouvelles négociations en vue d'un prêt), ce sont les autres événements participant aux synchronisations qui vont sélectionner l'opération réellement mise en route;
 3. enfin, le conflit peut se voir réglé par une décision prévue à l'avance et déclenchée par le pilote.

4.4 Exemple

Nous allons reprendre l'exemple du service assurance-auto d'une compagnie d'assurance. Le premier schéma offre un modèle en termes de processus et traite l'opération de déclaration d'accident de manière simplifiée. Une analyse plus détaillée permet d'y distinguer deux opérations successives : l'ouverture du dossier et le règlement du sinistre, décrites par le second schéma. Notons que cette existence des processus indépendants est nettement soulignée par l'absence de résultat intervenant comme événement déclencheur. Leurs seuls points communs sont les acteurs.

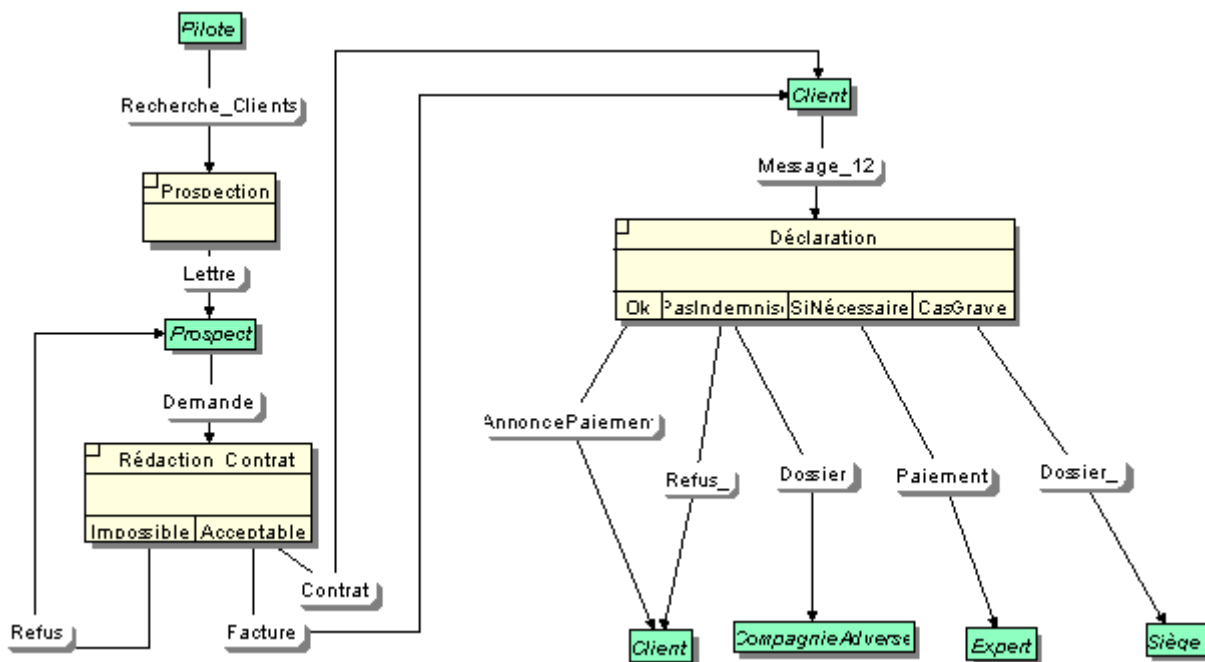


FIG. 4.2 – Compagnie d'assurance (vision synthétique)

Les acteurs présents sont l'assuré, distinct du tiers, l'expert et le siège.

Des événements déclenchent des opérations de manière simple (demande d'assurance ou déclaration), tandis que d'autres opérations nécessitent la conjonction de plusieurs événements/résultats (le règlement du sinistre).

Deux opérations (et un processus) ont des résultats variables selon des conditions explicites sommairement. Notons que le dossier incomplet n'apparaît que dans le modèle détaillé. À remarquer aussi, la condition «si nécessaire» qui prévoit le paiement des honoraires de l'expert.

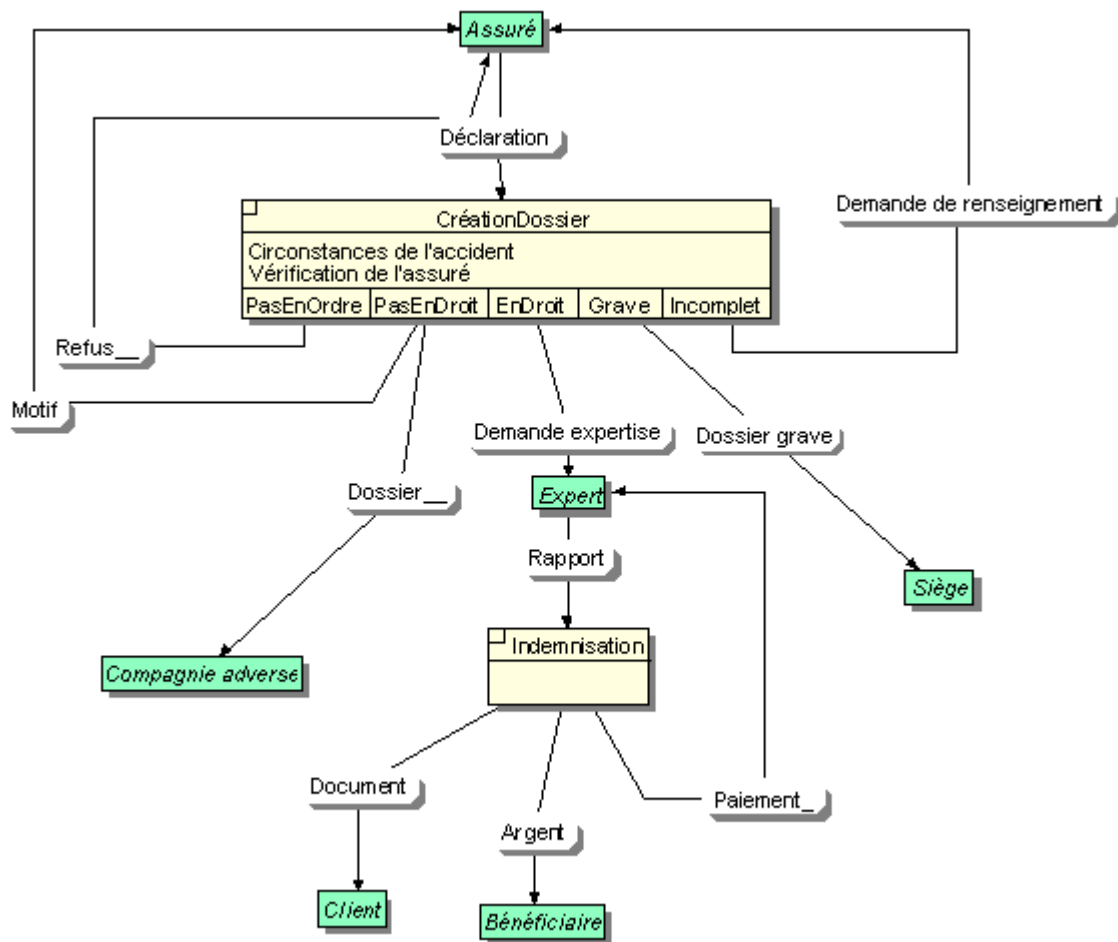


FIG. 4.3 – Compagnie d'assurance (détails de l'indemnisation)

4.5 Exercice dirigé : Cinéma Vendôme

Cet exercice fera l'objet de plusieurs traitements. On demande dans un premier temps de réaliser deux séries de diagrammes :

- un ou des diagrammes des flux entre les divers acteurs
- un modèle conceptuel des traitements.

L'énoncé sera repris dans les chapitres suivants pour le traitement des données.

4.5.1 Description de la société

Le cinéma Vendôme est situé au centre ville. Il projette plusieurs films par jour dans cinq salles.

4.5.2 Tâches

La tâche principale consiste à gérer les entrées.

Il y a deux caisses. Chacun d'entre elle dispose d'une imprimante à format particulier qui imprime le billet d'entrée. Sur chacun d'entre eux figurent l'heure, le nom de la salle, le titre du film et le prix. Il y a plusieurs tarifs :

- normal,
- senior,
- étudiant,
- découverte (le lundi),
- club (pour certains films proposés le soir avec présentateur et débat).

En outre, certains films plus longs sont plus chers. Un écran de télévision situé dans le hall d'entrée affiche en permanence le nombre de places qui restent disponibles dans chaque salle (avec le titre et la caractérisation du type de public : EA, ENA...). Les billets sont émis par paquets (groupe ou famille) et un total apparaît sur l'écran de la caissière.

Les caissières doivent être identifiées par le programme. Une responsable est chargée de l'encodage des films de la semaine et de la vérification des caisses (chaque caisse est pourvue d'un fond de caisse en début de service). Outre la recette, la direction veut imprimer des statistiques de fréquentation des différents films en tenant compte du moment de la journée, de la salle, et du type de public.

Notes

Des énoncés d'exercices sont disponibles sur mon site afin de constituer des exemples pour la recherche d'un sujet personnel.

Chapitre 5

Modèle conceptuel des données (MCD)

Le modèle conceptuel des données est la représentation de l'ensemble des données mémorisables du domaine, sans tenir compte des aspects techniques et économiques du stockage, ni des conditions d'utilisation.

Deux méthodes pour le définir :

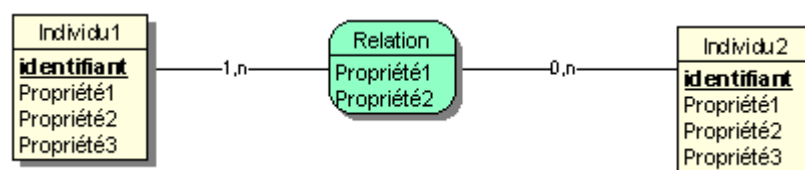
la démarche déductive s'appuie sur une liste d'informations à structurer. Cette méthode, plus lourde à mettre en œuvre suppose la constitution préalable de la liste, en prenant pour base tous les documents disponibles, plus d'autres informations qui ne font pas nécessairement l'objet d'un traitement. Vu sa lourdeur, elle n'est pas à conseiller en étude préalable. L'extraction des informations peut rencontrer différents écueils :

- **redondance** : une même information figure sur plusieurs documents (ex. la prix unitaire d'un article figure sur le bon de commande et sur la facture).
- **synonymie** : ne pas dupliquer une information sous des appellations différentes.
- **homonymie** : ne pas confondre deux informations homonymes de significations différentes (ex. le numéro de client figurant sur une facture du fournisseur n'a rien à voir avec le numéro de client figurant sur une facture produite par l'entreprise).

la démarche inductive tente de mettre en évidence les concepts du discours, puis à les décrire par des informations.

5.1 Le schéma entité-association

Le formalisme de représentation final est connu sous le nom de schéma « individus-relations » ou encore « entités-associations »¹. Ce schéma se retrouve aussi bien dans les méthodes d'analyse de tradition française, telles Merise, que dans les méthodes américaines. Il y a des variantes dans le formalisme et la terminologie, mais on retrouve ce type de modélisation partout.



Ce schéma met en œuvre trois concepts fondamentaux :

¹Tous les schémas, sauf exception signalée, ont été réalisés à l'aide du logiciel WinDesign.

5.1.1 la propriété-type

Parfois nommée aussi attribut, la propriété type modélise une information élémentaire présente dans le discours. Elle peut prendre des valeurs. Elle peut parfois être composée (se baser sur plusieurs informations distinctes dans l'univers du discours). Notons que la décomposition d'une propriété n'est en principe pas admise. Dans ce cas, il faut distinguer dès le départ plusieurs propriétés distinctes. Les propriétés n'ont pas d'existence indépendante des deux autres concepts (individu et relation).

5.1.2 l'individu-type

L'individu-type, appelé entité dans d'autres contextes théoriques, permet de modéliser un ensemble d'objets ou d'êtres de même nature, concrets ou abstraits, perçus d'intérêt dans le discours. La détermination des individus obéit aux critères suivants :

- (1) **pertinence** : la distinction entre différents individus-types doit se conformer à la manière de percevoir l'environnement. Par exemple, le fait que certains professeurs puissent être élèves dans l'école où ils enseignent ne doit pas nous amener à confondre les deux individus-types.
- (2) **identification** : chaque occurrence d'un individu doit être distincte, ce qui implique la définition d'un identifiant, c'est-à-dire une ou plusieurs propriétés dont les valeurs déterminent une seule occurrence d'individu. L'identifiant n'est pas toujours facile à déterminer. Ce peut être une propriété « naturelle » (le nom dans un ensemble de petite taille), une propriété artificielle (souvent un numéro ou un code inventé exprès), une propriété composée (par exemple nom + prénom) ou encore un identifiant relatif (présence d'un numéro d'ordre)².
- (3) « **distinguabilité** » : deux occurrences d'un même individu doivent être distinguables. Le problème se pose quand on doit gérer des objets réels reproduits à plusieurs exemplaires (livres, véhicules...). Dans ce cas, il faut choisir l'identifiant avec soin. Souvent, le fabricant anticipe ce problème en posant un numéro de série sur l'objet. Quand le numéro de série n'existe pas, on doit l'inventer (le numéro d'inventaire dans une bibliothèque). Parfois, des objets de la réalité ne peuvent pas constituer des entités (des clous ou des vis ne peuvent être distingués individuellement).
- (4) **non-répétitivité** : l'individu est décrit par ses propriétés, mais il ne peut pas y avoir plusieurs valeurs pour une des propriétés. Si c'est le cas, cette propriété n'appartient pas à l'individu type. L'exemple habituel est le numéro de téléphone. Une personne peut avoir plusieurs numéros de téléphone (maison, bureau, portable ou résidence secondaire). On pourra employer une autre entité et une association pour rendre compte de cette situation.
- (5) **homogénéité** : il est recommandé que les propriétés aient un sens pour tous les occurrences des individus types. On peut déroger à cette règle, mais son non-respect signifie souvent qu'on a artificiellement regroupé sous un même individu-type des populations appartenant en fait à plusieurs.

5.1.3 la relation-type

Elle représente des associations entre plusieurs individus-types. Elle se caractérise par :

²L'identifiant possède encore d'autres propriétés, parmi lesquelles la stabilité (la propriété identifiant ne doit pas changer jusqu'à la destruction de l'occurrence) et la minimalité (on ne prendra qu'un nombre aussi restreint que possible de propriétés).

- (1) **sa dimension** : on entend par là le nombre d'individus-types avec lesquels elle s'associe. En pratique, les relations binaires sont les plus fréquentes. Une relation de dimension supérieure à 6 est exceptionnelle (c'est dû à l'incapacité de l'esprit humain de concevoir plus de 6 objets simultanés).
- (2) **sa collection d'individus-types** : une relation-type s'associe avec des individus-types, qu'on nomme sa collection. Notons qu'à une même collection peuvent correspondre plusieurs relations-types (ex. *Personne* et *Logement* peuvent s'associer dans les relations *posséder* et *occuper*).
- (3) **la cardinalité** de chacun de ses individus-types : elle s'exprime à l'aide de deux nombres. Le premier indique le nombre minimal d'occurrences d'un individu dans une relation (c'est généralement 0 ou 1), le second prévoit le nombre maximal d'occurrences (c'est 1 ou N). D'autres valeurs que 0 ou 1 sont possibles, mais rarement rencontrées (et peu intéressantes à préciser). Il est sans intérêt, à ce niveau, de chercher à donner une valeur précise à N.

Participation	optionnelle	obligatoire
unique	0,1	1,1
multiple	0,N	1,N

- (4) **son absence d'identifiant propre** : une relation compose les identifiants des individus-types qu'elle associe pour se composer son propre identifiant. Cet identifiant n'est donc jamais noté.
- (5) **ses propriétés ou son absence de propriétés** : certaines propriétés s'attachent à la relation-type. Par exemple, la relation acheter entre un client et un produit peut avoir un montant de remise comme propriété. Notons que dans bien des cas, une relation-type n'a pas de propriétés³.

5.1.4 Exemple de modèle simple

Dans notre exemple, nous allons considérer une schéma réduit de la représentation d'une école. Deux entités s'imposent : les étudiants et les formations (nous laissons de côté les professeurs dans notre exemple).

Chaque *étudiant* aura un nom, un prénom, une date de naissance, une adresse, un code postal et une localité ; chaque *formation* un nom, une durée, une date de début, un jour et une heure (dans l'hypothèse d'une fréquence hebdomadaire).

La relation *SInscrire* va relier nos deux entités. Si on veut y placer une propriété, on pourra penser à la date d'inscription.

Il est intéressant de noter le traitement asymétrique de la cardinalité :

³Les Américains rechignent à placer des propriétés sur les associations. Le débat s'est retrouvé dans la représentation des associations entre classes. La notion de classe-association permet de donner des propriétés à une association, mais certains praticiens se refusent à les employer. Il est possible de se passer de ce type de propriétés, mais à mon avis cela complique inutilement les modèles.

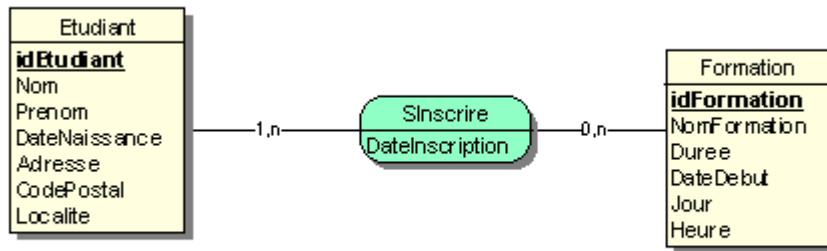


FIG. 5.1 – Inscription d'un étudiant

	Étudiant	Formation
Cardinalité minimale	1 : un étudiant doit avoir au moins une inscription (si une personne n'a pas d'inscription, elle ne fera pas partie de notre système).	0 : une formation peut ne pas avoir d'étudiant.
Cardinalité maximale	N : un étudiant peut s'inscrire à plusieurs formations.	N : une formation peut se donner à plusieurs étudiants (c'est souhaitable :-) !)

Exercices

Créer un modèle simple pour les cas suivants :

Exercice 4 : Représenter des acteurs jouant dans des films.

Exercice 5 : Représenter les voitures et leurs propriétaires.

Exercice 6 : Représenter les logements, leurs propriétaires et leurs locataires.

Exercice 7 : Représenter le personnel d'une entreprise ayant plusieurs services. Chaque service possède un chef de service.

5.2 Conseils pour la création des modèles

Le modèle entités/relation est profondément lié à la représentation du monde à travers le langage. De nombreuses théories linguistiques ont mis en avant l'existence de *verbes*, qui correspondent aux relations, caractérisés par leur dimension :

- les verbes de dimension 0 et 1 n'ont pas d'équivalent dans le modèle E/R et correspondent respectivement aux verbes impersonnels (qui ne peuvent avoir de vrai sujet, comme *il pleut*), et aux verbes intransitifs (*Jean pleure*).
- les verbes de dimension 2 sont les plus fréquents et associent un sujet à son complément : *Jean aime Marie, l'étudiant mange une pomme, le professeur parle à ses étudiants*.
- les verbes de dimension 3, déjà plus rares, ont deux compléments associés à leur sujet : *Pierre offre un cadeau à son amie, le représentant discute des prix avec son client*.

- il n'existe pas de verbes de dimension 4, mais des procédés syntaxiques permettent d'en créer : *les dirigeants ont fait envoyer des lettres de menaces à leurs opposants par des agents secrets.*

Le cerveau humain normal a du mal à concevoir plus de six objets simultanés. Un verbe de dimension 5 atteindrait déjà cette limite (5 entités + la relation). En théorie, la modélisation pourrait dépasser ces limites, mais elle poserait des problèmes de compréhension rapidement insupportables. Il ne faut pas confondre les entités qui entrent dans la relation avec d'autres compléments, dits circonstanciels, qu'on pourrait facilement réduire à des propriétés de la relation :

Au Chili, durant le règne de Pinochet, les dirigeants ont fait envoyer des lettres de menaces à leurs opposants par des agents secrets.

De ce parallélisme, on peut déduire qu'une analyse du discours permet de construire un modèle⁴.

5.2.1 Collecte et formulation des informations

L'analyste ou son équipe sont allés sur le terrain, pour y rencontrer les commanditaires du projet, des responsables, des utilisateurs potentiels du programme, toute personne susceptibles de les éclairer. Un grand nombre d'informations ont été collectées. Elles vont figurer dans un rapport qui sera transmis aux collaborateurs de l'analyste et, pour validation, au client. Ce document comportera un certain nombre d'énoncés reprenant la description de l'activité de l'entreprise ou l'organisme. On va regrouper ces énoncés pour en faire une analyse, qui viendra compléter éventuellement une première ébauche du modèle réalisée *ex nihilo*.

5.2.2 Transformation des phrases en modèle

Chaque phrase apporte une information sur le modèle à construire. La technique consiste à faire correspondre des mots avec des entités, des associations et des propriétés. Il existe quelques règles empiriques qui peuvent aider l'analyste. Nous allons examiner les différentes catégories de mots.

Nom commun

Très souvent le nom commun représente une entité. C'est particulièrement vrai lorsqu'il remplit une fonction de sujet ou de complément du verbe. Voici quelques exemples :

- les *clients* effectuent des *commandes*
- les *étudiants* s'inscrivent à des *cours*

Lorsque le nom possède un complément déterminatif, il s'agit le plus souvent d'une propriété :

- le *montant* d'une facture se calcule en faisant la somme des articles et de la TVA.
- la *couleur* de la voiture est mentionnée sur le bon de commande.
- le *salair*e de Jean est de 25.000 euros (Jean est un employé).

Si le complément du nom est un nom propre, il peut s'agir d'une relation :

- le *père* de Jacques est Léon

⁴L'idée se trouve chez plusieurs auteurs. J'ai récemment relu des passages sur ce sujet dans JACKIE BARKER, *Beginning Java Object, from Concept to Code*. Wrox, 2000. J'ai relu avec attention les réflexions d'HUBERT SCHYNS, *Gestionnaire de base de données* (<http://notesdecours.info>) et celles de JEAN DUMONT, *L'information dans l'entreprise*, article à l'usage des employés de la Commune de Fléron, aimablement mis à ma disposition.

Nom propre

Le cas du nom propre est plus complexe. Dans la plupart des cas, il représente des occurrences d'entité (notamment dans des exemples). Il figurera éventuellement comme valeur de propriété. Certains noms propres disparaîtront purement et simplement :

- les clients s'adressent à *EuroTrans* pour transporter des marchandises (c'est le nom de la société)
- *M. Durant* expédie les factures tous les 25 du mois (il s'agit d'une règle de gestion)

Verbe transitif

Le verbe transitif s'accompagne d'un sujet et d'un ou plusieurs compléments. Il correspond à une relation.

- les clients *achètent* des marchandises

Adjectif

En général, l'adjectif correspond à une valeur de propriété ou à une propriété s'il possède un complément :

- les employés *mariés* peuvent souscrire une assurance pour leur conjoint (propriété *état civil*).
- les personnes *âgées* de plus de 40 ans ne peuvent plus suivre ce type de formation (propriété *âge*)

Adverbe

L'adverbe (et tout complément « circonstanciel ») correspond à une valeur de propriété d'une relation.

- la facture a été expédiée au client *le 5 avril*

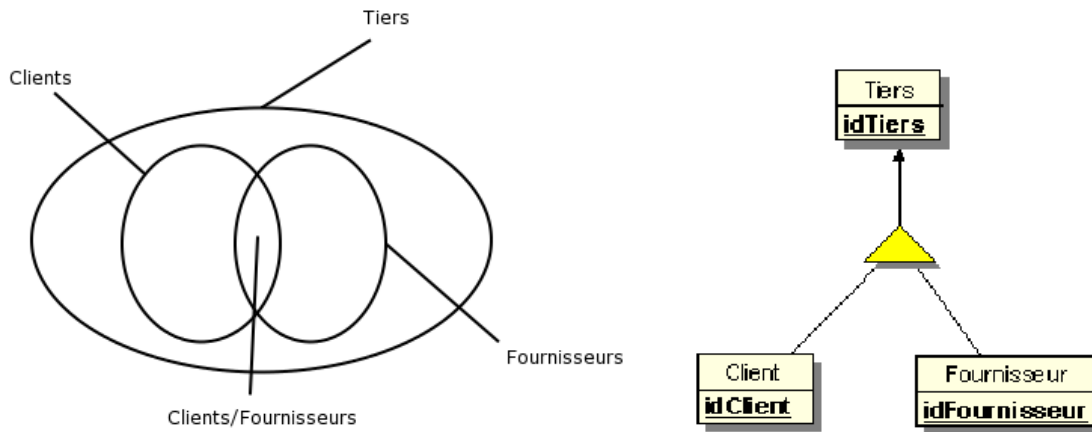
Dans certains cas, il peut s'agir d'une règle de gestion qui ne doit pas être incorporée dans le modèle :

- les factures sont expédiées au client *le dernier jour du mois*

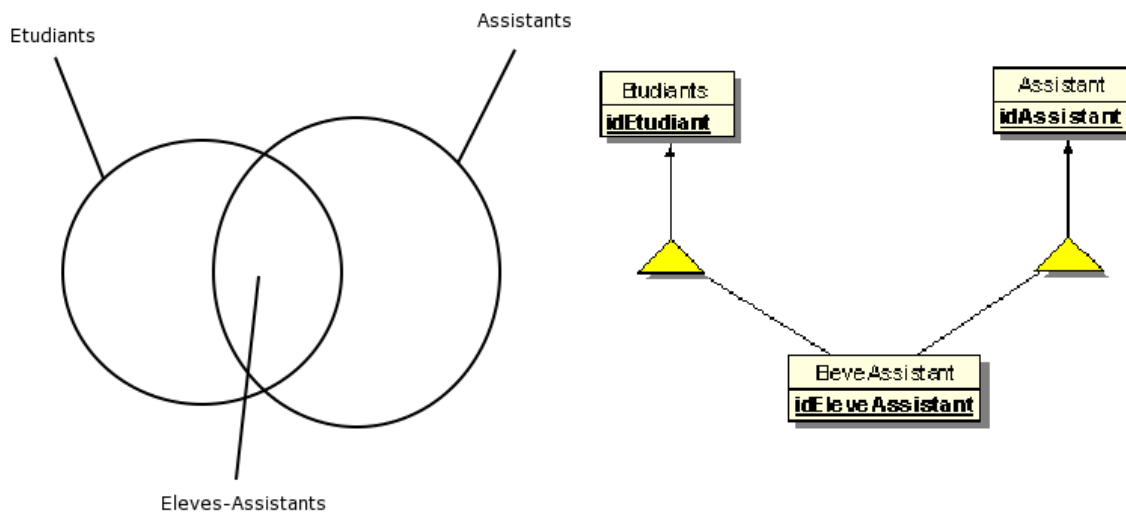
5.3 Précisions ajoutées au formalisme de base

5.3.1 Types et sous-types d'individus

Une extension de la théorie a proposé d'enrichir le modèle en permettant de créer des sous-classes d'individus. Plusieurs cas sont possibles. Ils autorisent de montrer que des individus-types différents (par exemple des clients et des fournisseurs) puissent, pour certaines de leurs propriétés, être envisagés comme faisant partie d'un individu-type commun (les tiers).



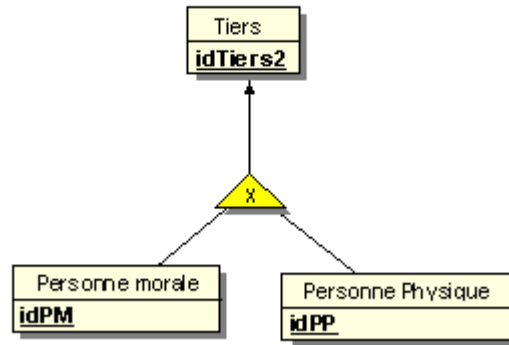
On peut aussi envisager l'inverse. Certains types d'individus peuvent faire partie de deux catégories distinctes.



Le cas de l'élève-assistant mérite un commentaire. Il ne faut pas confondre deux situations :

- dans une école spécialisée, un professeur peut s'inscrire dans une formation étrangère à sa spécialité. Il n'en existera pas pour la cause une entité étudiant/professeur. On pourra seulement dire qu'une occurrence d'étudiant et une occurrence de professeur correspondent à la même personne physique. Il n'y a donc pas lieu de prévoir un sur-type.
- dans les universités belges, on peut engager des étudiants pour réaliser certaines activités de recherche ou d'accompagnement de laboratoire. Ces étudiants sont étudiants à part entière et ont aussi un statut d'assistant. Mais ils ont un statut particulier d'élève-assistant, reconnu au sein de l'institution, qui fait l'objet d'une réglementation spécifique.

Dans certains cas, l'intersection entre les deux sous-types peut être vide, comme dans l'exemple suivant :



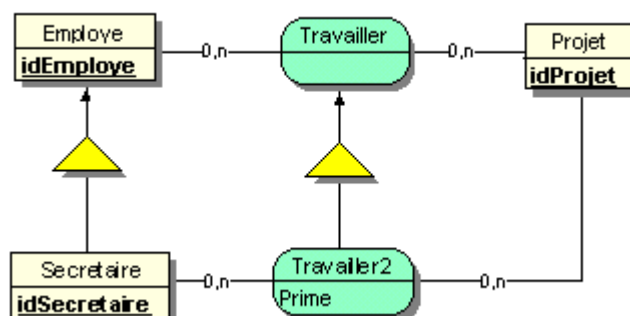
Un tiers peut être une personne morale ou une personne physique, mais pas les deux à la fois.

Remarques importantes

1. À bien des égards, les sous-types et les sur-types rappellent la notion d'héritage en programmation orientée objet. Ce n'est pas totalement la même chose, dans la mesure où une classe ne se contente pas de récupérer les attributs de la classe mère, mais importe aussi ses comportements (à travers les méthodes). Dans le concept d'héritage, la composante code est au moins aussi importante que le partage des variables. L'exemple des élèves-assistants constitue à l'évidence un cas d'héritage multiple.
2. Il faut noter que la représentation des sous/sur-types dans la base de données relationnelle ne se fait pas sans mal. Ici encore, les différentes solutions rappellent celles qu'on est amené à mettre en œuvre lors d'un mapping objet-relationnel.
3. L'utilisation des sous-types doit répondre à une nécessité interne du modèle. Le fait que les médias empruntés dans une bibliothèque puissent être des CD, des livres ou des cassettes vidéo n'implique pas qu'il faille sous-typier les médias. Une simple propriété de l'entité *media* permettra de les distinguer. Si on veut, par contre, donner des propriétés particulières à chacun des ces « sous-types » ou si on les fait intervenir dans des associations différentes, la sous-catégorisation prend tout son sens.

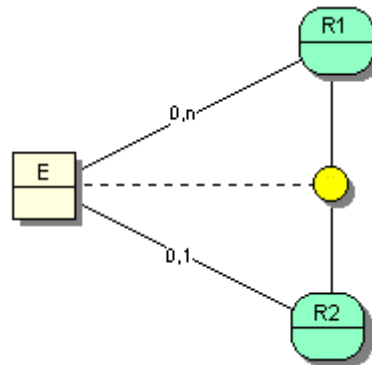
5.3.2 Sous-types de relations

Lorsqu'on définit des sous-types d'entités, ils peuvent entretenir une relation différente avec les autres entités. On parlera également de sous-type de relation. Prenons l'exemple des employés qui travaillent sur un projet. Parmi eux, pour chaque projet, il y a une secrétaire (sous-type d'employé), qui travaille également sur un projet ; mais avec une propriété spécifique (en l'occurrence le montant d'une prime). Voilà un moyen de modéliser cela :

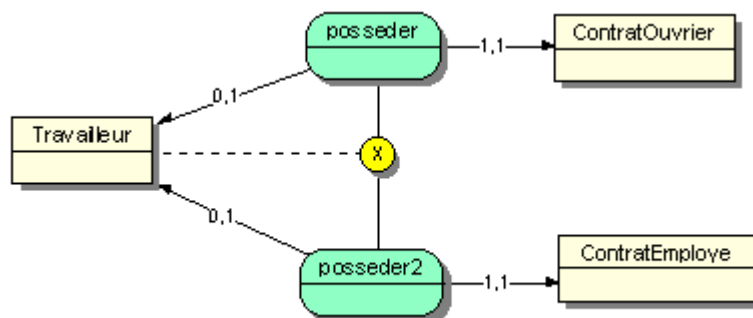


5.3.3 Contraintes interrelations

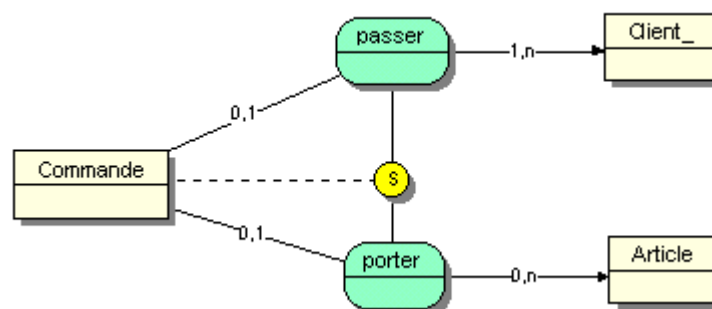
On exprime par là des dépendances entre deux relations, en faisant intervenir les occurrences d'individus qu'elles associent. On utilise un formalisme particulier.



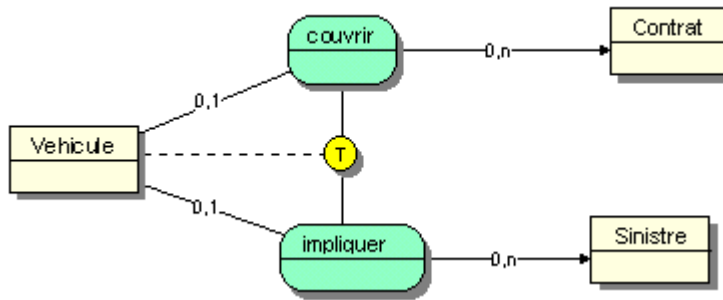
a) **exclusion** (X) : si une occurrence d'individu participe à une relation R1 alors elle ne peut pas participer à une relation R2. Par exemple, un travailleur peut être engagé sur base d'un contrat d'ouvrier ou d'un contrat d'employé, faisant l'objet de réglementations distinctes. Si on ne représente pas de contrainte d'exclusion, le schéma pourrait donner à penser qu'un travailleur peut posséder deux contrats. En plaçant une contrainte d'exclusion, on interdit cette hypothèse. Notons qu'il peut aussi n'avoir aucun contrat quand il est sans travail.



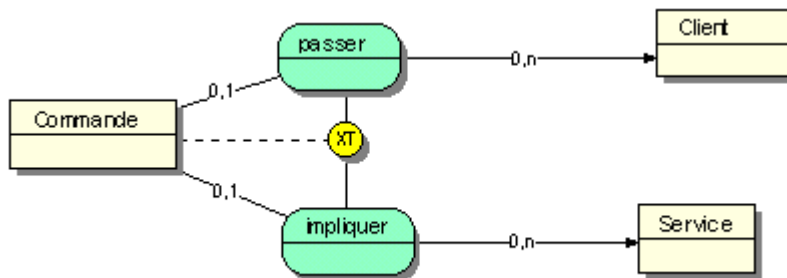
b) **simultanéité** (S) : si une occurrence d'individu participe à une relation R1, alors forcément, il participe simultanément à une autre relation R2. Si une commande est passée sur un client, elle porte sur un article et réciproquement.



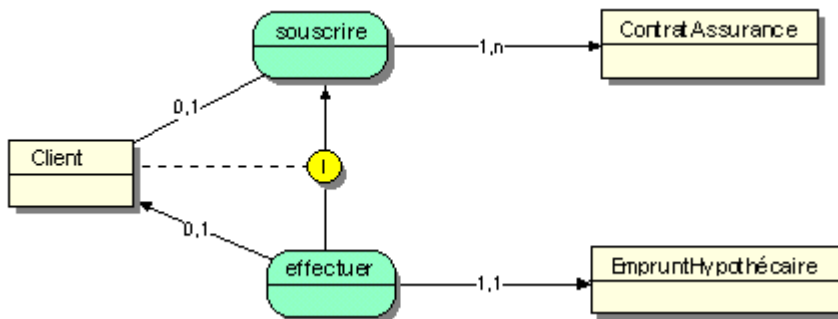
c) **totalité** (T) : tout occurrence d'un individu participe au moins à l'une des deux relations R1 ou R2. Un véhicule connu de la compagnie d'assurance est soit couvert par un contrat, soit impliqué dans un sinistre (voire les deux).



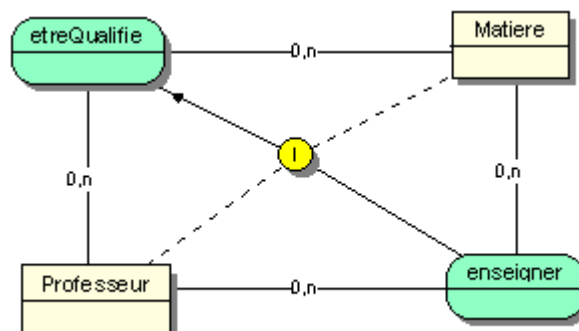
d) **exclusion et totalité (XT)** : On peut combiner exclusion et totalité. Une commande est passée soit par un client, soit par un service, mais jamais les deux.



e) **inclusion (I)** : si une occurrence de I participe à la relation R1, alors elle participe à la relation R2. Si un client a contracté un emprunt hypothécaire alors il a dû souscrire une assurance incendie. La flèche manifeste le sens de la dépendance.



f) **contraintes concernant plusieurs individus** : Il est possible que la contrainte ne se vérifie que relativement à un autre individu. Par exemple, un professeur qui enseigne une matière doit être qualifié pour cette matière.



5.3.4 Contraintes d'intégrité fonctionnelles (CIF)

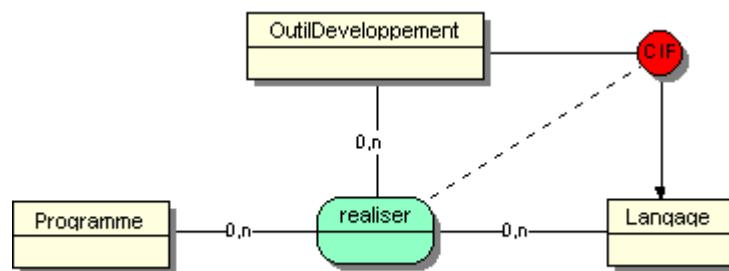
On dit que c dépend fonctionnellement de a, b si à chaque valeur de a, b correspond une seule valeur de c . Dans le cas d'une relation de dimension 2, on aura une dépendance fonctionnelle entre un individu I1 et un individu I2 si, pour I1, il n'existe qu'un seul I2 possible. On proposera comme exemple les individus *voiture* et *propriétaire* et la relation *appartient*. La cardinalité constitue un moyen suffisant pour marquer cette dépendance, qu'on soulignera néanmoins à l'aide d'une flèche.



Dépendance binaire fonctionnelle

Pour des relations de dimension supérieure, il devient nécessaire de marquer explicitement la dépendance. On pourra distinguer des dépendances fonctionnelles simples ou complexes, selon que la dépendance part d'une entité ou de plusieurs.

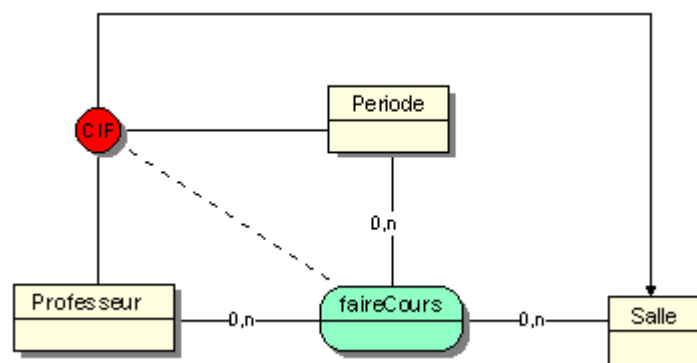
Comme exemple de dépendance fonctionnelle simple, nous pouvons examiner le cas de programmes réalisés avec des outils de développement dans un langage précis. Nous pouvons spécifier que pour un outil de développement particulier un langage sera automatiquement associé.



Dépendance fonctionnelle simple sur relation ternaire

Comme exemple de dépendance fonctionnelle composée, on considérera le cas des entités professeur, salle de cours et période avec la relation faire cours. Il existe une dépendance fonctionnelle entre les deux premiers individus-types et le troisième, par rapport à la relation faire cours. En effet, pour une période donnée, un professeur ne donne cours que dans une seule salle de cours.

Le schéma suivant représente un formalisme permettant de représenter ces contraintes d'intégrité fonctionnelles.



Dépendance fonctionnelle composée

Exercices

Créer un modèle simple pour les cas suivants :

Exercice 8 : Une société recense le parc automobile de ses représentants. Certains représentants utilisent une voiture pour leurs déplacements. Cette voiture peut leur appartenir ou peut être fournie par leasing.

Exercice 9 : Toujours dans la même société, on constate que lorsqu'un représentant possède un véhicule, il a souscrit une assurance pour ce véhicule.

Exercice 10 : Dans le fichier d'une bibliothèque, tout auteur mentionné a forcément écrit un livre ou un article.

Exercice 11 : Une bibliothèque scolaire dispose de plusieurs types de médias : livres, revues et TFE. Les étudiants sont autorisés à emprunter les livres et les TFE.

Exercice 12 : Une école inscrit des étudiants dans des formations. Pour qu'une inscription soit valable, l'étudiant doit s'acquitter du paiement d'un minerval. Modéliser ces règles.

Exercice 13 : Un service d'urgence d'une grande ville organise des tours de garde de médecins. Les prestations se font par week-end. Un médecin est toujours de garde dans le quartier où il habite.

5.4 Compléments au MCD

5.4.1 Modélisation du temps

Dans notre étude des différents exemples, nous avons explicitement exclu la dimension temporelle. Nous la reprenons ici dans une perspective globale qui expose différents traitements du temps.

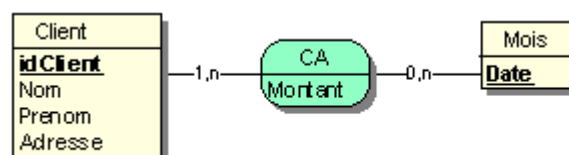
a) le temps comme propriété

Si on veut indiquer le moment qui caractérise un événement lié à une entité ou à une propriété, on va traiter le temps comme une simple propriété. Exemples :

- date de naissance d'un individu (propriété d'entité)
- date de facturation (propriété d'entité)
- date d'inscription d'un étudiant dans une section (propriété de relation)

b) le temps comme entité

Dans des cas plus rares, on va considérer le temps comme une entité (dont les occurrences se suivront avec une périodicité fixe : tous les mois, toutes les semaines...). On pourra par exemple établir une relation entre une entité client et une entité mois pour mémoriser le chiffre d'affaires des clients.



c) historisation

Ce terme un peu barbare désigne la conservation des valeurs successives d'une propriété. Elle ne doit pas être confondue avec l'archivage. L'archivage consiste à effectuer une copie de données qui sont retirées de la mémoire immédiate. Par exemple, un client qui n'a plus effectué d'achat sera retiré de la liste des clients au terme d'un nombre de mois fixé et enregistré dans les archives. Ici, il s'agit, pour une donnée qui reste en mémoire immédiate, de conserver un nombre fixé de valeurs anciennes. C'est ainsi qu'on pourra historiser l'adresse d'une personne. Cette historisation prend en compte deux paramètres :

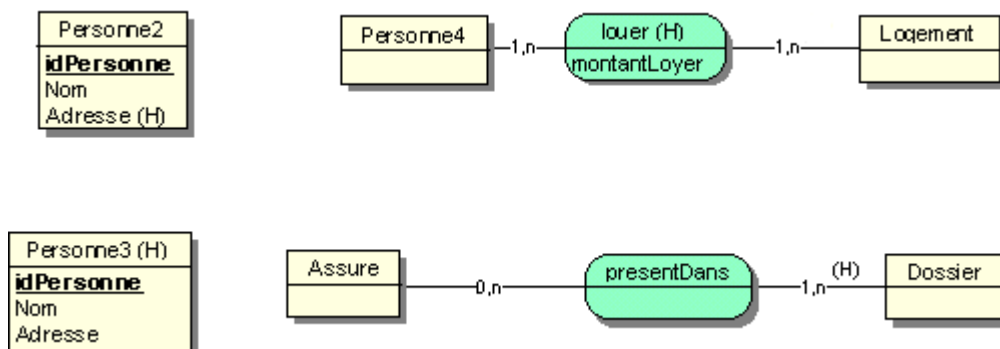
la datation va stipuler avec la précision avec laquelle la date sera mémorisée (par exemple par mois, dans ce cas un deuxième changement d'adresse dans un même mois entraînera l'effacement du premier changement) ;

la profondeur va stipuler le nombre d'anciennes valeurs conservées (par exemple les cinq dernières adresses).

L'historisation se fait également au moyen d'une entité date, cette fois sans régularité. On va dupliquer la propriété, qui apparaîtra une fois à sa place normale dans l'entité et autant de fois que nécessaire dans une relation entre l'entité et la date. C'est du moins ce qui se fait en théorie, car on va le voir, cette notation est extrêmement lourde si plusieurs propriétés sont historisées (foisonnement de relations et présence de quasi synonymes).



En pratique, on va se contenter de noter quelle partie du modèle est historisée : soit une propriété, soit une entité complète, soit une relation, soit encore la patte d'une relation.

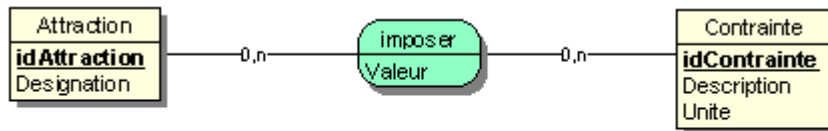


5.4.2 Liste variable de propriétés

En principe, toutes les propriétés d'une entité doivent avoir une valeur. Il n'est pas toujours possible de respecter cette règle. Trois solutions peuvent s'envisager :

- laisser la propriété vide (valeur Null de la base de données) quand elle ne s'applique pas (par exemple, le nom marital qui n'a de sens que pour une femme mariée) ;
- utiliser des sous-types pour y exporter les propriétés qui ne s'appliquent qu'à certains individus (on suppose alors que ces propriétés sont en nombre limité et fixées a priori) ;
- modéliser les propriétés en créant une entité comportant le libellé de la propriété et une relation contenant sa valeur (cette solution permet de créer de nouvelles propriétés non prévues dans le modèle). On parle de *méta-modélisation*.

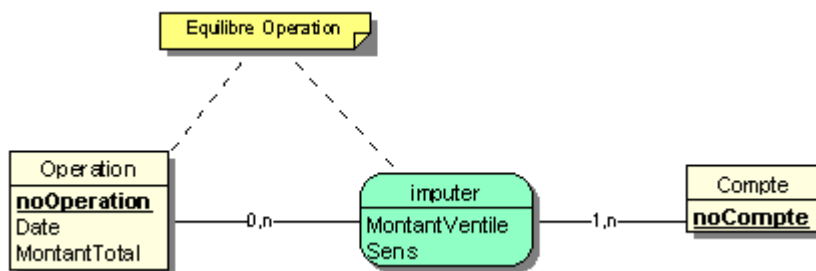
La méta-modélisation offre un moyen intéressant pour permettre la prise en compte de propriétés en nombre variable et susceptible d'évoluer avec le temps. L'exemple suivant est emprunté à un parc d'attractions en expansion qui veut pouvoir établir des contraintes sur la réservation des attractions. Cela peut être le nombre de personnes prenant place dans un véhicule, l'âge minimum des participants, des contraintes de poids par personne ou par groupe, un caractère saisonnier... En outre, une même attraction peut imposer plusieurs contraintes. L'entité *Contrainte* permet de décrire la contrainte et l'association *imposer* permet de l'attribuer à une attraction et d'y placer une valeur (dont l'unité varie selon les contraintes).



5.4.3 Règles

Dans le contexte client/serveur, un certain nombre de règles doivent se situer dans la base de données et non au niveau des applications. La question se pose de savoir si le MCD doit se plier à cette pratique et offrir une place à ces règles. Cela dépend en fait de la manière dont les règles fonctionnent :

- si la règle reste spécifique à certains traitements, elle sera inscrite sous la forme d'une portion d'algorithme dans le MCT ou le MOT ;
- si la règle est indépendante de toute activité, elle figurera sous la forme d'un rectangle à coin corné, relié par des pointillés aux propriétés concernées par la règle. Une description figurera sous le modèle pour spécifier l'algorithme à appliquer (sous une forme quelconque).



Équilibre opération :

Vérifier l'égalité entre :

- * montant total de l'opération
- * somme pour l'opération des montants ventilés de sens crédit
- * somme pour l'opération des montants ventilés de sens débit