

Génération des aspects dynamiques d'un système d'information à partir de ses aspects statiques

Moncef BARI

Université Paris XII Val de Marne et
Laboratoire MASI, Institut Blaise Pascal / CNRS - UA 818
Université de PARIS VI, 4 place Jussieu 75252 Paris cedex 05, France
e-mail: bari@masi.ibp.fr - Fax: 33 1 44 27 62 86

Résumé - Pour être complète, la spécification d'un système d'information doit prendre en compte aussi bien les aspects statiques (ou structurels) que les aspects dynamiques (ou comportementaux). Cet article présente un ensemble de règles qui permettent de générer, en partie, les seconds aspects à partir des premiers. Ces règles sont entièrement dépendantes des modèles de spécification utilisés. Elles sont basées sur les propriétés des attributs et sur les associations de référence qui lient les types d'objet entre eux.

1 INTRODUCTION

Depuis les recommandations de l'ISO¹, il est admis que la modélisation d'un système d'information (SI) doit obéir à deux principes : le principe des 100% qui veut que les aspects statiques tout comme les aspects dynamiques soient pris en compte et le principe de conceptualisation qui veut que l'on fasse abstraction des contraintes techniques, d'organisation ou d'implémentation.

Les SI auxquels nous nous intéressons entrent dans ce cadre. Mais en plus, nous partons de l'hypothèse que certains aspects dynamiques sont "inscrits" dans les aspects statiques. Le but de cet article est de montrer comment extraire les premiers des seconds grâce à des règles précises qui permettent une génération automatique.

Pour ce faire, nous utilisons deux modèles, l'un pour représenter les aspects statiques et l'autre pour les aspects dynamiques.

Le modèle statique appartient à la famille des modèles sémantiques et s'apparente au modèle SHM²; une fine caractérisation des attributs (permanent, variable, historisable, dérivé, ...) permet de cerner au mieux la sémantique des objets du monde réel.

Pour la modélisation de la dynamique, nous utilisons un modèle dérivé du modèle de la méthode REMORA³ qui part de l'idée que le monde réel est composé d'objets qui ont des changements d'état qui sont des événements qui déclenchent des opérations qui modifient l'état des objets. Ce modèle causal permet de représenter l'ensemble des transitions d'un SI.

Le présent article est organisé comme suit : la section 2 présente le modèle statique, la section 3 présente le modèle dynamique et la section 4 présente les règles de génération.

2 LE MODÈLE STATIQUE

Modéliser les aspects statiques d'un système revient à identifier et à décrire les structures de données les plus représentatives de l'univers du discours ainsi que leurs inter-dépendances.

Notre modèle appartient à la famille des modèles sémantiques et s'apparente au modèle SHM² issu des travaux en IA.

Le modèle se fonde sur les concepts de type d'objet, d'attribut et de type d'association. Nous présentons successivement les concepts puis leur représentation graphique.

Le concept de type d'objet

Une **objet** est un constituant concret ou abstrait du monde réel sur lequel l'organisation souhaite être renseignée. Ce constituant a un cycle de vie qui lui est propre et il est caractérisée par un certain nombre de propriétés et de relations avec son environnement (ie. les autres objets).

L'analyse des objets du réel perçu permet de construire, par abstraction, les **types d'objet** qui constituent les éléments de base

de la modélisation. Ces éléments factorisent toutes les propriétés communes à un ensemble d'objets.

Notre modèle comporte les types d'objet simples, composés ou spécialisés.

Un type d'objet **complexe** est un type d'objet composé d'autres types d'objet; il est une unité de manipulation en tant que tel.

Un type d'objet **spécialisé** est un type d'objet construit par héritage à partir d'un type d'objet générique dont il hérite des propriétés comportementales et structurelles mais dont il se distingue par des propriétés qui lui sont propres.

Le concept d'attribut

Un attribut est une caractéristique qui qualifie un type d'objet et qui prend ses valeurs dans un domaine plus ou moins complexe.

Un attribut est caractérisé par un certain nombre de propriétés : il peut être simple ou répétitif, élémentaire ou complexe, obligatoire ou facultatif, permanent ou variable, historisable ou non, dérivé ou non; en outre, certains attributs sont identifiants de leur T.OB..

Ces différentes propriétés permettent d'appréhender au mieux la sémantique du monde réel et sont d'une grande utilité pour la modélisation des aspects dynamiques comme nous le montrerons à la section 4.

Un attribut est **élémentaire** lorsque ses valeurs appartiennent à un domaine numérique, alphanumérique ou énumératif dont les valeurs sont des littéraux.

Un attribut est **complexe**, lorsque ses valeurs appartiennent à un domaine dont les valeurs sont structurées et appartiennent à plusieurs domaines simples et/ou complexes.

Un attribut est **simple** s'il ne prend, à un moment donné, qu'une seule valeur pour toute objet qu'il qualifie. Dans le cas contraire il est dit **répétitif**.

Un attribut dont la valeur ne change pas au cours du temps est **permanent**, sinon il est **variable**. Parmi les attributs variables, certains peuvent être **historisés**, ie. les différentes valeurs qu'ils prennent au cours du temps sont estampillées et mémorisées. L'organisation peut souhaiter historiser tous les changements de valeurs concernant de tels attributs; elle peut aussi vouloir effectuer l'historisation à intervalles de temps donnés (par exemple, tous les jours, tous les mois, etc...). L'organisation peut conserver la trace de toutes les valeurs estampillées ou seulement d'une partie d'entre elles (eg., les dix dernières, ou les cinq plus élevées, etc. ...).

Un attribut est **dérivé** si sa valeur est calculée à partir des valeurs d'autres attributs.

Le concept de type d'association

Une association peut être définie comme une mise en correspondance de deux ou plusieurs objets, non nécessairement distincts, dans laquelle chaque objet joue un rôle particulier.

Tout comme les objets, les associations du monde réel appartenant à la même catégorie seront décrites par un **type d'association** (T.A.) qui en définit toutes les caractéristiques.

Les types d'association retenus sont ceux d'**héritage**, de **composition** et de **référence**.

Le type d'association d'**héritage** décrit les relations qui existent entre les types d'objets spécialisés et leurs génériques.

Le type d'association de **composition** décrit les relations qui existent entre un T.OB. composé et des T.OB. composants.

Nous dirons qu'il existe une association de **référence** (on parle aussi de lien de référence) entre un T.OB. A et un T.OB. B, lorsque l'existence de toute occurrence de A dépend de celle d'une occurrence de B. On dit que A référence B, ou que B est référencé par A.

Un lien de référence a des implications sur les intervalles bornant les cycles de vie des occurrences des T.OB. référencés et référençants puisque, par définition, une occurrence référençante ne peut exister sans celle à laquelle elle fait référence.

Représentation graphique

La spécification d'un système d'information est appelée schéma conceptuel. Celui-ci est exprimé sous forme textuelle ou sous forme graphique. Un exemple de ce dernier type de est donné à la figure 1.

On y voit cinq types d'objet (T.OB.) : *client*, *entreprise*, *produit*, *commande* et *ligneCommande*. Le T.OB. *entreprise* est un spécialisé de son générique *client*; le T.OB. *commande* fait référence au T.OB. *client* alors que le T.OB. *ligneCommande* fait référence au T.OB. *produit*. Par exemple, le T.OB. *client* (ob1) possède quatre attributs : deux sont permanents (cli# et cliName), un attribut autre est variable (cliAdr) et le dernier est dérivé et historisable (cliCA).

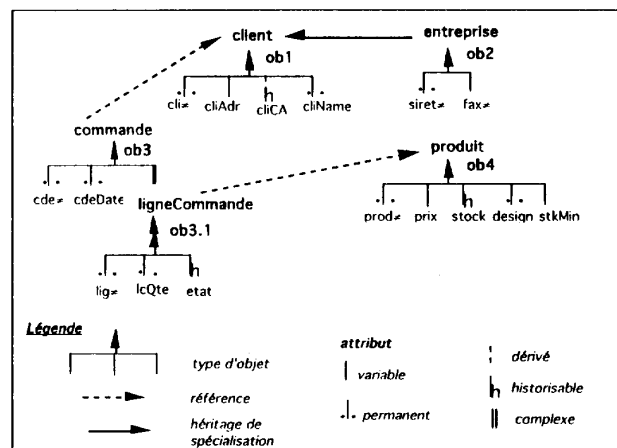


Figure 1 Exemple de schéma conceptuel statique

3 LE MODÈLE DYNAMIQUE

Modéliser la dynamique d'un système c'est modéliser "la façon dont ses éléments changent et les raisons pour lesquelles ils changent"¹.

Les éléments à représenter en tout premier lieu sont les **actions** qui sont exécutées dans l'organisation en fonction de règles de gestion qui y sont définies. Ces actions, qui modifient l'état des éléments, sont déclenchées lors de situations bien précises qui concernent une arrivée de message provenant de l'extérieur, un changement d'état remarquable qui se produit dans l'organisation ou une situation temporelle préalablement établie. Ces situations qu'il convient de déterminer avec beaucoup de soin correspondent à des **événements**.

Notre modèle de la dynamique se fonde sur celui de la méthode REMORA dont le postulat de causalité spécifie que le monde réel est composé d'objets dont l'état est modifié par des opérations qui sont déclenchées par des événements, lesquels constatent les changements d'état remarquables des objets (voir figure 2).

Nous avons utilisés ce modèle dans le cadre d'une méthode d'analyse et de conception orientée objet de SI actifs⁴.

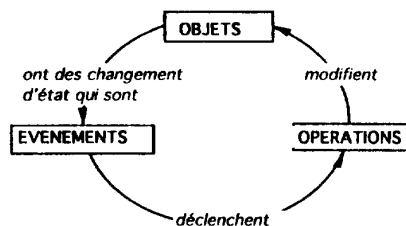


Figure 2 Modèle causal de la dynamique

Les opérations permettent d'expliquer "comment les éléments changent". Les événements permettent d'expliquer "les raisons pour lesquelles les éléments changent". Dans notre modèle, les éléments correspondent aux objets.

Les actions et les événements de l'univers du discours sont représentés par les concepts de type d'opération (T.OP.) et de type d'événement (T.EV.); ils sont décrits ci-dessous.

Le concept de type d'opération

Une opération est une action élémentaire qui modifie l'état d'une occurrence d'un type d'objet. Elle représente tout ou partie d'un traitement effectué dans l'organisation conformément à des règles de gestion parfaitement établies.

Le concept de type d'opération (T.OP.) permet de regrouper la description d'une catégorie d'opération; chacune d'entre-elles apparaît alors comme une réalisation particulière de son type.

On définit donc une type d'opération comme la représentation d'une catégorie d'opérations élémentaires et atomiques dont chaque occurrence (c'est-à-dire chaque exécution) provoque la modification d'une occurrence de T.OB..

Un type d'opération est élémentaire dans la mesure où il ne concerne qu'un seul T.OB.; il est atomique dans la mesure où chacune de ses occurrences doit être exécutée entièrement ou pas du tout.

Le concept de type d'événement

Les actions menées dans une organisation sont déclenchées en réponse à des événements qui émanent soit de l'environnement extérieur soit de l'intérieur même du système.

En réponse aux événements qui surviennent, l'organisation déclenche les actions adéquates pour prendre en charge les nouvelles situations ainsi créées.

Chaque catégorie d'événement est décrite par un type d'événement (T.EV.) qui "représente un type de changement d'état particulier et élémentaire du système (...)" qui provoque un type de transition élémentaire par l'exécution d'un ensemble d'opérations élémentaires³.

Un T.EV. est la constatation d'un type de changement d'état élémentaire et remarquable d'un T.OB.. Il est élémentaire car il représente un type de changement d'état d'un unique T.OB.; il est particulier car tout changement d'état n'est pas un événement; seuls les changements d'état qui sont générateurs de transitions d'état du système sont considérés comme des événements.

L'association entre un T.EV. et les T.OP. déclenchés est appelée **transition dynamique**.

L'exécution de toutes les opérations déclenchées par un T.EV. provoque une transition d'état atomique dans la mesure où, soit toutes les opérations qui composent la transition dynamique sont exécutées et la transition est franchie, soit aucune d'entre-elles n'est exécutée et la transition n'est pas franchie. La transition dynamique constitue l'**unité de cohérence** de la dynamique d'un système.

Le déclenchement des opérations peut être conditionnel et/ou itératif. Des **conditions** et/ou des **facteurs** de déclenchement précisent, si besoin est, ces éventualités.

Le concept de T.EV., par l'expression des transitions d'état, constitue la charnière entre les composants d'un système (les T.OB.) et les actions qui s'y déroulent (les T.OP.).

L'identification des T.EV. permet du même coup celles de tous les types de transition d'état du système. Le séquençement et la synchronisation des actions exécutées dans un système sont entièrement exprimés par le concept de T.EV..

Un T.EV. peut être interne, externe ou temporel.

Les T.EV. **internes** constatent des changements d'état remarquables des T.OB.

Les T.EV. **externes** "constatent" des types de messages provenant de l'extérieur. Une occurrence du T.EV. externe "arrivée d'une commande client" est la constatation de la prise en compte par le système (par l'intermédiaire de la saisie des éléments du message) d'une commande particulière d'un client donné.

Les T.EV. **temporels** "constatent" un objet particulier, le calendrier. Une occurrence d'un tel T.EV. indique la constatation de la réalisation d'une situation temporelle particulière préalablement définie; par exemple, une occurrence du T.EV. "tous les 26 du mois, à 20h" est la constatation que l'horloge du système indique 20h et que le quantième du mois courant est 26.

Les T.EV. temporels sont des éléments fondamentaux des systèmes actifs. Leur prise en compte permet de limiter les interventions humaines sur le système qui apparaît, de ce fait, plus intégré à son environnement.

A chaque T.EV., il est associé un **prédicat** (une fonction booléenne) qui précise les conditions de sa survenance. Selon les cas, le prédicat porte sur la validité d'un message externe, sur le changement d'état d'un T.OB. ou sur la réalisation d'une situation temporelle particulière.

Représentation graphique

La représentation graphique des éléments du modèle dynamique est donnée à la figure 3 ainsi qu'un exemple de schéma conceptuel dynamique.

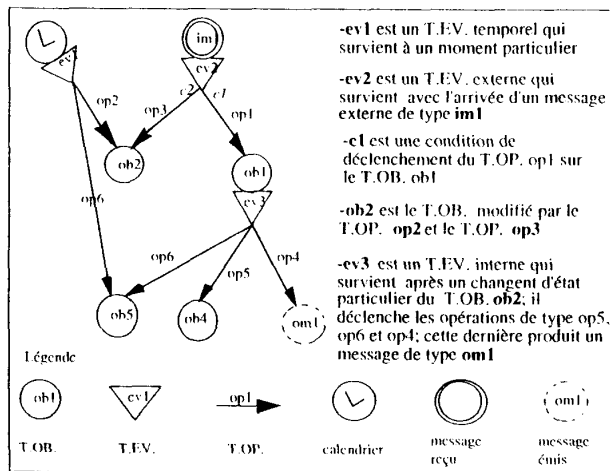


Figure 3 Exemple de schéma conceptuel dynamique

On y voit trois transitions dynamiques, chacune d'entre elles étant associée à un T.EV. (le T.EV. temporel ev1, le T.EV. externe ev2 et le T.EV. interne ev3).

4 RÈGLES DE GÉNÉRATION DES ASPECTS DYNAMIQUES

L'énoncé des règles de génération de la dynamique sera illustré sur un exemple de gestion de commande dont le schéma conceptuel statique est donné à la figure 4

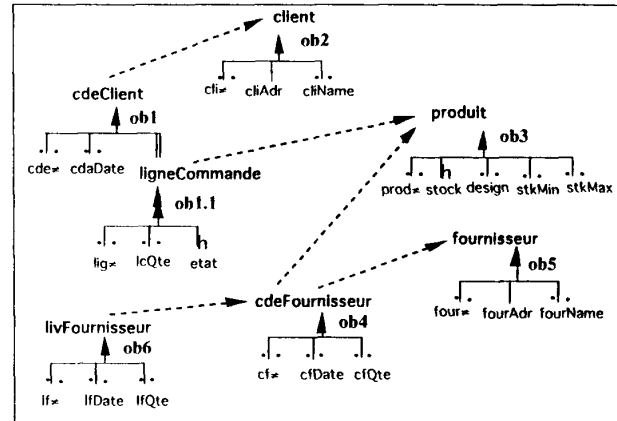


Figure 4 Schéma conceptuel statique

On peut considérer ce schéma comme un graphe orienté dans lequel les sommets sont les types d'objet (T.OB.) et les arcs les associations de référence. Selon leur place dans ce graphe, les T.OB. peuvent être classés en trois catégories :

- les types d'Objets Cible d'Associations de Référence (OCAR), comme *client*, *produit* et *fournisseur*,
- les types d'Objets Source d'Associations de Référence (OSAR), comme *retourProduit* et *livFournisseur*,
- les types d'Objets Source et Cible d'Associations de Référence (OSCAR), comme *cdeFournisseur* et *cdeClient*.

Les OCAR sont les éléments centraux d'un système d'information; les T.OB. des autres catégories s'organisent autour d'eux pour expliquer leurs relations et leur comportement.

Nous classons les OCAR en "ressource", "producteur" et "consommateur" selon le rôle qu'ils jouent dans l'organisation. Dans notre exemple, *client* est un consommateur, *produit* une ressource et *fournisseur* un producteur. Ce classement est fonction du contexte; c'est ainsi que du point de vue de la gestion financière, *client* et *fournisseur* jouent le rôle inverse à celui qu'ils jouent du point de vue de la gestion des commandes.

Chaque T.OB. "ressource" possède au moins un attribut variable qui renseigne sur son état en tant que ressource (c'est le cas de l'attribut *stock* du T.OB. *produit*). Les changements d'état significatifs à la suite desquels des actions doivent être entreprises concernent principalement cet attribut. C'est le cas, en particulier, de la rupture de stock et de la fin de la rupture de stock; dans un cas il faut assurer le réapprovisionnement et dans l'autre il faut satisfaire les commandes en attente.

Spécifier la dynamique d'un SI revient, dans notre cas, à trouver les types d'opération et les types d'événement qui sont associés aux types d'objet.

Les T.OP. qui assurent la dynamique d'un système sont celles qui permettent d'insérer, de mettre à jour ou de supprimer des instances; les autres types d'opération sont des fonctions d'accès ou de sélection qui ne changent pas l'état du SI.

Nous présentons successivement les règles de générations relatives à ces trois catégories de T.OP. Le schéma conceptuel dynamique résultant est décrit à la figure 5.

Génération des aspects dynamiques liés à l'insertion

Règle 1 : A chaque T.OB. il est associé un T.OP. d'insertion qui est déclenché par :

- règle i1 : un T.EV. externe pour les OCAR (opi2, opi3 et opi5),
- règle i2 : un T.EV. externe pour les OSCAR qui associent une ressource et un consommateur (opi1),
- règle i3 : un T.EV. interne pour les OSCAR qui associent une ressource et un producteur (opi4); ce T.EV. constate le changement d'état de l'attribut "état" du T.OB. ressource,
- règle i4 : un T.EV. externe pour les OSAR qui font référence (directement ou transitivement) à une ressource (opi6, opi7).

Les messages constatés par les T.E.V. externes sont directement déduits des attributs des T.O.B.. Les prédicats de ces T.E.V. rendent compte des conditions d'acceptation des messages. Les contraintes référentielles et les conditions de complétude (pour les attributs obligatoires) sont directement déduites du schéma conceptuel statique.

Génération des aspects dynamiques liés à la mise à jour

Règle M : A chaque attribut variable d'un T.OB. il est associé au moins un T.OP. de mise à jour.

A l'attribut "état" d'un T.O.B. de type "ressource", il est associé deux T.O.P. de mise à jour : l'un pour l'incrémenter et l'autre pour le décrémenter.

Règle m1: le T.OP. d'incrémentation est déclenché suite à la création, après un événement externe, d'une instance d'un T.OB. qui fait référence à un T.OB. de type OSCAR qui associe la ressource à un producteur; c'est le cas du T.OP. *opm3+* déclenché par *evel6* qui constate *ob6*. (voir figure 5).

Règle m2 : le T.OP. de décrémentation est déclenché suite à la création, après un événement externe, d'une instance d'un T.OB. qui fait référence à un T.OB. de type OSCAR qui associe la ressource à un consommateur; c'est le cas du T.OP. *opm3*-déclenché par *eve14* qui constate *obl1*.

Règle m3: un condition de déclenchement est associée au T.OP. de décrémentation pour s'assurer de sa faisabilité; c'est le cas de la condition c1.

Règle m4 Les T.EV. déclencheurs des T.OP. de mise à jour des attributs variables non associés à l'état des T.OB. ressources est indéterminé (c'est le cas des T.OP. *opm1.1*, *opm2* et *opm5*).

Génération des aspects dynamiques liés à la suppression

Règle S : A chaque T.OB. il est associé un T.OP. de suppression.

Règle S1: Le T.OP. de suppression des T.OB. de type OCAR est déclenché par un T.EV. externe; c'est le cas pour les T.OP. *ops2*, *ops3* et *ops5*.

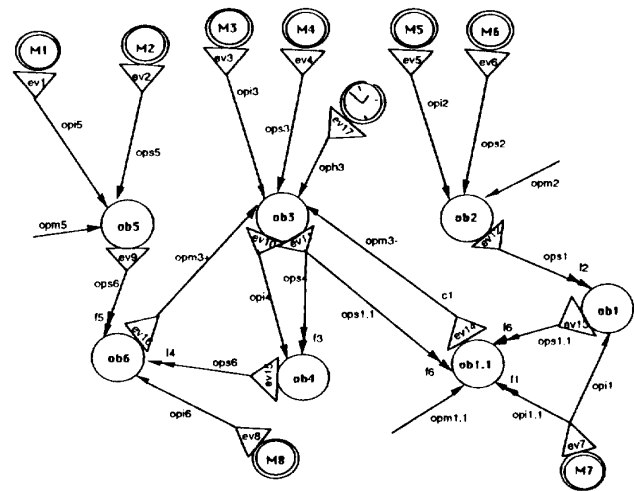
Règle S2 : Le T.OP. de suppression des T.OB. de type OSCAR et OCAR est déclenché par un T.EV. interne résultat de la suppression d'une instance d'un T.OB. successeur dans le graphe des liens de référence; c'est le cas pour les T.OP. *ops1*, *ops4*, *ops6* et *ops7*.

Règle S3: A chaque T.OP. de suppression généré par la règle précédente, il est associé un facteur de déclenchement pour les cas de suppressions multiples (c'est le cas pour les facteurs f2 à f5)

Règle S4 : La suppression d'un T.OB. composé entraîne celle de ses composants; c'est le cas pour du T.OP. ops1.1 auquel est associé le facteur f6.

Génération des aspects dynamiques liés à l'historisation

Règle H : A chaque attribut historisable, il est associé un T.OP. d'historisation déclenché par un T.EV. temporel dont le prédicat est déduit de la périodicité d'historisation; c'est le cas du T.OP. oph3 associé à ob3.



5 CONCLUSION

Nous avons présentés un certain nombre de règles qui permettent une génération automatique de certains aspects dynamiques à partir d'une spécification statique d'un système d'information.

Les règles de génération de la dynamique qui sont présentées sont basées sur les associations de référence et certaines propriétés des attributs (permanent/variable, etc. ...).

Le sous-ensemble des aspects dynamiques générés automatiquement par les règles que nous avons présentées est un sous-ensemble minimal de toute la dynamique d'un système d'information. Il est nécessairement incomplet car il n'est pas possible de prendre en compte toute la sémantique associée au domaine du discours dans un schéma conceptuel statique.

Les règles que nous avons présentées peuvent aussi servir pour la validation des schémas conceptuels intégrant statique et dynamique. C'est d'ailleurs dans cet axe que nous allons orienter la suite de nos travaux.

Références

- [1] ISO, "Concepts and Terminology for the Conceptual Schema and the Information Base", Report N° 695, ISO/TC/9/SC5/WG3 (1982)
- [2] J.M. Smith and C.P. Smith, "Database Abstractions : Aggregation and Generalization", ACM Trans. on Database Systems, vol. 2 No 2 (june 1977)
- [3] C. Rolland O. Foucaut and G. Benci, *Conception de Systèmes d'Information, la méthode Remora*, Ed. Eyrolles, Paris (1988)
- [4] M. Bari, *Une méthode d'analyse et de conception orientée objet de systèmes d'information actifs*, thèse de l'université Paris 6, février 1992