

Modèle Utilisateur d'un Modeleur Déclaratif

Rapport de Recherche IRIN n°152¹ - Mai 1997

Christian Colin*, Emmanuel Desmontils**, Jean-Yves Martin**, Jean-Philippe Mounier***

Ecole des Mines de Nantes

4, rue Alfred Kastler

BP 20722

44307 NANTES CEDEX 3

Christian.Colin@emn.fr

http://www.emn.fr/dept_info/perso/colin

*

Institut de Recherche en Informatique de Nantes

Faculté des Sciences et des Techniques

2, rue de la Houssinière

BP 92 208

44322 NANTES CEDEX 3

Emmanuel.Desmontils@irin.univ-nantes.fr

Jean-Yves.Martin@irin.univ-nantes.fr

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/info/recherche/mgii>

**

CERMA

Ecole d'Architecture de Nantes

rue Massenet

44300 NANTES

mounier@cerma.archi.fr

Mots clés : Modélisation déclarative, conception, modeleur

Résumé : Cet article expose la vision qu'a un utilisateur d'un modeleur déclaratif. Nous en proposons un modèle conçu à partir de divers modeleurs déclaratifs que nous avons réalisés. Il comprend les principales fonctionnalités qui sont perceptibles par l'utilisateur. Nous expliquons aussi le processus de conception de formes et nous présentons un exemple de mode de travail avec ce type de modeleur.

1 Introduction

Les recherches en modélisation déclarative sont menées depuis une dizaine d'années. Divers modeleurs déclaratifs ont été réalisés. Même s'ils sont bien souvent de taille modeste, ils ont permis de mesurer l'intérêt d'une telle approche, et d'expérimenter divers mécanismes assurant l'objectif de ce type de modélisation. Celui-ci est de permettre la génération de formes par la simple donnée d'un ensemble de propriétés et de contraintes qu'elles doivent vérifier [8]. L'ordinateur est chargé d'explorer l'univers des formes potentielles afin de sélectionner celles qui correspondent à la définition donnée. Le concepteur n'a plus qu'à choisir, à l'aide d'outils appropriés, celles qui lui conviennent le mieux. Il se trouve ainsi libéré des calculs et peut se consacrer à la phase de création.

Fort d'une longue expérience [6], le groupe de travail GEODE² réalise actuellement un état sur les avancées en modélisation déclarative. Dans ce cadre, un sous-groupe de travail, constitué des auteurs de cet article, a entrepris une réflexion pour définir ce qu'est un modeleur déclaratif aux yeux d'un utilisateur et d'en déterminer un modèle que nous appelons *modèle utilisateur d'un modeleur déclaratif*. Son objectif est de décrire les fonctionnalités visibles par un utilisateur. Il s'adresse avant tout à un futur utilisateur ou à un futur développeur de modeleur déclaratif. Ce modèle ne comporte pas de détail sur l'implémentation puisque celle-ci est étrangère à l'utilisateur. Toutefois, il s'appuie sur les modeleurs réalisés par les membres du groupe GEODE depuis 1988, c'est-à-dire le modèle constitue une généralisation des modeleurs développés. De plus, il est à la base d'une nouvelle génération de modeleurs que nous avons entrepris.

Nous commençons par présenter une comparaison entre des modeleurs traditionnels et déclaratifs de façon à mettre en évidence leurs différences. Ensuite, nous exposons les principaux modules d'un modeleur avant de nous intéresser au processus de conception à l'aide de modeleurs déclaratifs.

¹ RR-EMN-97-8-INFO et 1ère Journées Modeleur Géométrique, septembre 1997, Grenoble, France

² GEODE est une équipe du GDR-PRC AMI dont le thème est la modélisation déclarative. Elle est constituée de l'équipe MGII de l'Institut de Recherche en Informatique de Nantes, du CERMA de l'Ecole d'Architecture de Nantes, et de l'équipe de synthèse d'images de l'Ecole des Mines de Nantes.

2 Différences entre modeleurs traditionnel et déclaratif

Avec un modeleur traditionnel, l'homme qui doit répondre à un problème commence par avoir une idée pouvant amener à une solution (voir la figure 1). Il la précise ensuite en déterminant l'ensemble des spécifications à respecter. A partir de là, il conçoit mentalement un objet assez précis. De cet objet, il doit déduire la succession d'opérations élémentaires permises par le modeleur et nécessaires à la conception de l'objet. Durant une phase interactive, il construit petit à petit l'objet en suivant la planification des opérations élémentaires. Il reste encore à faire subir à l'objet obtenu un ensemble de tests de façon à vérifier sa validité. Des tests négatifs signifient que l'objet mental conçu par l'utilisateur ne répond pas correctement aux spécifications. Aussi, doit-il le corriger avant de mettre à jour interactivement l'objet modélisé. Ces opérations sont répétées jusqu'à ce que l'objet satisfasse l'ensemble des tests de validité (boucle "tests négatifs" sur la figure 1). Face à l'objet terminé, il est possible que l'utilisateur souhaite modifier les spécifications pour mieux répondre au problème qui lui est posé. Cela correspond au processus de conception (voir la boucle "processus de conception" sur la figure 1). Il doit réitérer l'ensemble des phases de la boucle "tests négatifs" de façon à obtenir un objet conforme aux nouvelles spécifications.

Avec un modeleur déclaratif, l'utilisateur se base sur son idée pour décrire les propriétés et les contraintes qui doivent être satisfaites pour résoudre son problème. Il peut avoir une image mentale d'un objet qu'il imagine être une solution. Cependant, elle ne sert pas directement dans la conception de solutions. A partir de la description fournie, le modeleur déclaratif produit automatiquement une ou plusieurs formes en adéquation avec la demande de l'utilisateur. Il n'est donc pas nécessaire d'appliquer des tests de validité sur ces objets. Les formes étant produites par le système, l'utilisateur n'a pas forcément une idée précise de leur aspect. Aussi, il est important de lui fournir des outils lui permettant de découvrir efficacement les diverses solutions. A la vue de celles-ci, l'utilisateur peut vouloir modifier la description qu'il a fournie initialement. Il s'agit là du processus de conception.

Sur la figure 1 est représentée la conception de formes à l'aide de modeleurs traditionnel et déclaratif. Les zones claires correspondent au travail effectué par l'homme, et les zones foncées à celui réalisé par la machine. Les traits pointillés '.....' mettent en valeur la correspondance des phases entre les deux types de modeleur. La position des boîtes indique qui de l'homme ou de la machine réalise l'action représentée ou la part respective de chacun. Une différence importante entre les deux approches est la quantité et le type de travail réalisés par l'homme. Les modeleurs déclaratifs assurent une part de travail beaucoup plus importante que les modeleurs traditionnels, laissant l'homme se concentrer sur les tâches de haut niveau.

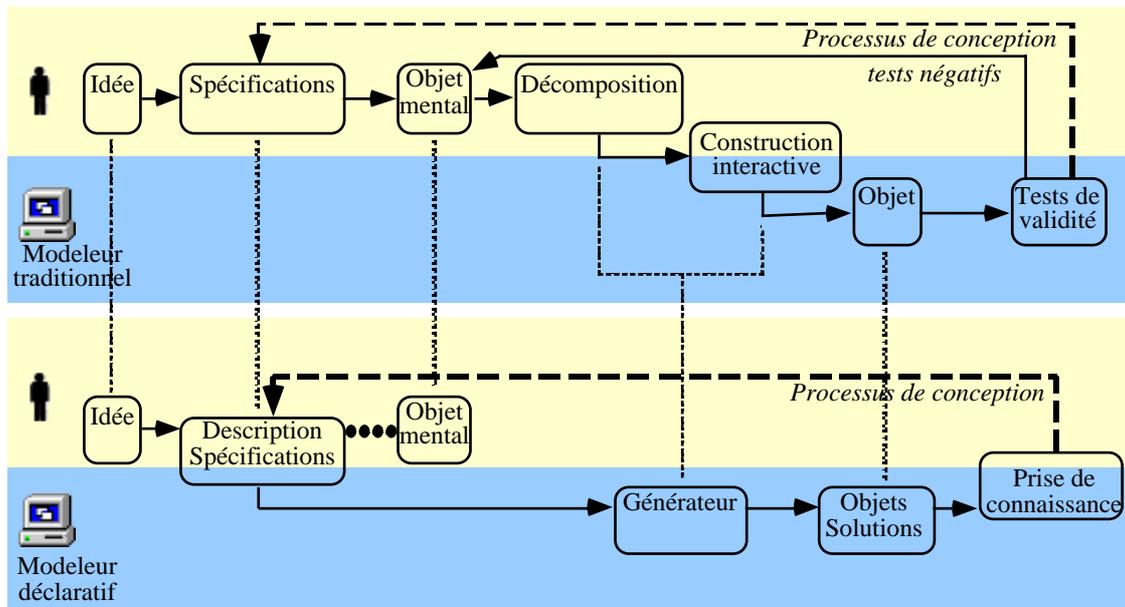


Fig 1 : Comparaison de modeleurs traditionnel et déclaratif

3 Les phases importantes d'un modeleur déclaratif

déTECTABLES dès la description de celles qui ne peuvent l'être que lors de l'exploration de l'univers des possibilités. La vérification effectuée consiste à rechercher les incohérences du premier type. Si une telle incohérence apparaît, l'utilisateur est invité à modifier sa description. De plus, durant la vérification, on recherche à lever les éventuelles ambiguïtés. En effet, la description peut être ambiguë non pas parce qu'elle est vague mais parce qu'il existe plusieurs façons de l'interpréter [5], chaque interprétation concernant alors des concepts différents. Par exemple, l'utilisation de la négation s'interprète de multiples manières. Si l'utilisateur indique "n'est pas grand", veut-il dire qu'il souhaite des éléments petits, ou bien tous les éléments sauf ceux qui sont grands, ou bien encore une autre signification [4]. Dans un tel cas, le modèleur essaye de supprimer automatiquement les ambiguïtés en fonction du contexte ou en demandant à l'utilisateur le sens précis qu'il a voulu utiliser. Lorsqu'il n'existe plus d'anomalie, la description est envoyée au module de calcul. Le mode d'envoi de la description à la phase de calculs dépend de l'implémentation du modèleur. Ce dernier peut analyser la cohérence et envoyer les éléments de la description au fur et à mesure de leur saisie ou, au contraire, après la saisie complète de la description.

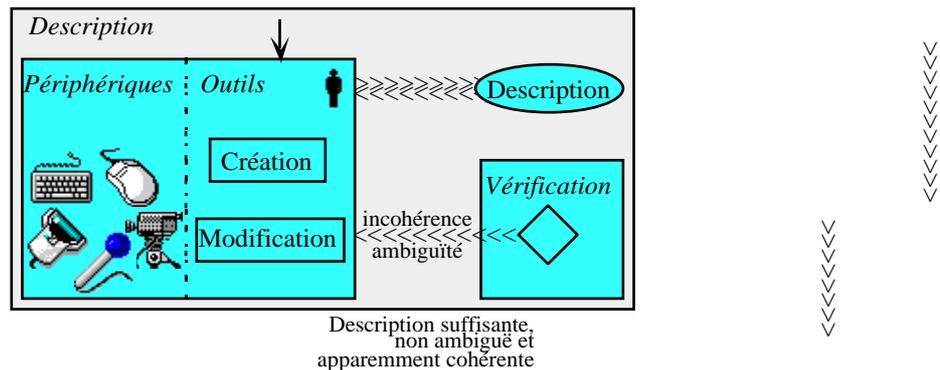


Fig 4 : La phase de description

3.3 La phase de prise de connaissance

3.3.1 Navigation dans l'espace des solutions

Comme la description fournie par l'utilisateur est en général vague et incomplète, plusieurs solutions peuvent exister. Cette diversité est un atout pour l'utilisateur car, avec une seule description, il obtient plusieurs réponses à son problème. Il peut donc librement choisir celle qu'il préfère. Mais, les solutions sont parfois en très grand nombre et cette multitude devient une difficulté puisque l'utilisateur ne peut pas passer en revue toutes les formes. C'est pourquoi les modèleurs déclaratifs offrent des outils adaptés lui permettant d'explorer, de naviguer, dans l'espace des solutions. A ce jour, nous distinguons trois catégories d'outils : les outils de raffinement, de parcours et de retouche contrôlée (voir figure 5).

Comme toutes les solutions sont conformes aux spécifications de l'utilisateur, elles constituent toutes une réponse à son problème. Dans certains cas, il en désire une, quelconque, et conservera la première qui lui sera présentée. Mais comme il a du choix, il peut au contraire vouloir être plus sélectif. Dans ce cas, il utilise les outils de raffinement qui agissent comme des filtres en sélectionnant des solutions sur de nouveaux critères. De façon à obtenir un sous-ensemble de solutions, il ajoute temporairement au cahier des charges initial des propriétés plus restrictives. Ces dernières peuvent être par exemple "la présence de propriétés non exigées dans le cahier des charges initial", "les solutions qui correspondent à un extrémum d'une propriété particulière", ... Le modèleur teste a posteriori les objets produits et ne retient que ceux vérifiant les nouvelles propriétés. A tout moment, l'utilisateur peut revenir au cahier des charges initial ou au contraire valider les contraintes, qui sont alors ajoutées définitivement au cahier des charges.

A l'aide des outils de parcours, l'utilisateur définit l'ordre dans lequel il souhaite parcourir, et donc découvrir, les formes sélectionnées par les outils précédents. Par exemple, veut-t-il voir les solutions par ordre de taille croissante. Par ailleurs si, malgré le raffinement effectué, elles restent fort nombreuses, il peut vouloir prendre connaissance en priorité les formes les plus significatives. Ceci revient à définir un échantillonnage des solutions [10]. Ainsi, il n'est pas obligé de passer en revue tous les objets de la sélection. Les solutions représentatives, selon les critères qu'il fournit, lui sont présentées en respectant l'ordre qui a été défini.

La retouche contrôlée est le troisième moyen d'explorer l'espace des solutions. A la vue d'une solution, l'utilisateur souhaite parfois modifier un détail, la retoucher interactivement mais tout en conservant les contraintes du cahier des charges. Comme l'espace des solutions contient toutes les solutions, les formes modifiées appartiennent à cet ensemble. La modification interactive d'une solution revient à rechercher et à visualiser celles qui correspondent à la retouche décrite par l'utilisateur. Il s'agit d'une exploration particulière de l'espace des solutions. La modification désirée par l'utilisateur n'est pas toujours possible en respectant le cahier des charges. Dans ce cas, le modelleur l'avertit de la violation des contraintes et lui laisse la liberté d'outrepasser les spécifications. Mais, dans ce cas, le modelleur produit une forme qui n'est plus une solution. Il communique au concepteur une mesure de l'erreur commise par rapport au cahier des charges.

De son point de vue, l'utilisateur dispose, suite à sa description, de l'ensemble des formes solutions. Il peut l'explorer à sa guise en utilisant les techniques que nous venons d'exposer. Cependant selon les implémentations du modelleur, cet ensemble n'est pas toujours calculé entièrement avant de commencer la phase de prise de connaissance [1][2][7][10][14][15]. C'est par exemple le cas lorsque la découverte des solutions se déroule parallèlement à la génération des formes [1]. A l'aide des trois types d'outils, l'utilisateur définit la nature de l'exploration des solutions et induit par conséquent un classement sur celles qui lui sont montrées. Certaines sont sélectionnées, examinées avant d'autres. Si toutes les solutions ne sont pas déjà calculées, la phase de création doit être dynamiquement orientée de sorte que le modelleur calcule en priorité les solutions qui doivent être présentées à l'utilisateur. Ce problème est complexe et à ce jour n'est pas vraiment résolu.

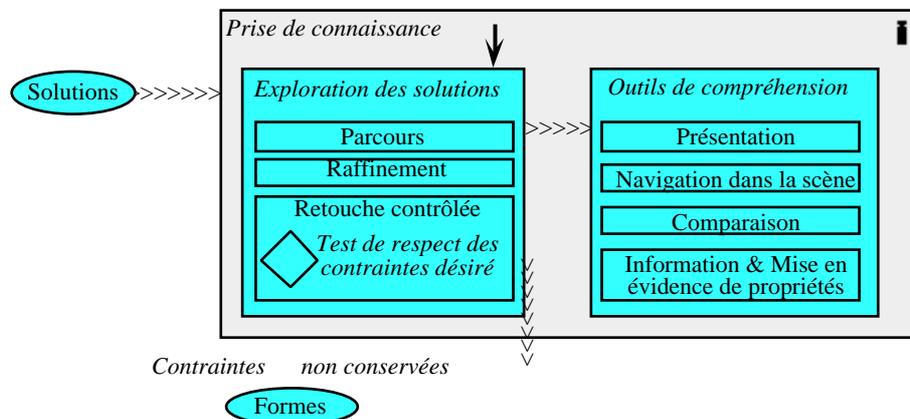


Fig 5 : La phase de prise de connaissance

3.3.2 Compréhension des solutions

Une autre grande difficulté pour l'utilisateur est la compréhension des solutions. S'il connaît parfaitement leur description, puisqu'il l'a donnée au modelleur, il n'en connaît pas pour autant leur aspect. Il est très difficile de manipuler, d'appréhender, avec des outils conventionnels des formes que l'on ne connaît pas [3]. De façon générale, comme avec tout système de haut niveau, présenter une solution sans explication n'est pas suffisant. Aussi, les modelleurs déclaratifs mettent à la disposition du concepteur une panoplie d'outils de compréhension de haut niveau pour l'aider à appréhender la structure et les propriétés des solutions [9]. Quatre types d'outil sont actuellement présents dans les modelleurs déclaratifs : les outils de présentation, de mise en évidence de propriétés, de navigation dans la scène et de comparaison (voir la figure 5).

Les outils de présentation gèrent tous les types d'affichage présents habituellement dans les modelleurs. Par exemple, les techniques de visualisation avec perspectives, d'éliminations de parties cachées, d'affichages réalistes, d'incrustations de cotations dans les images, ... font partie de cette classe d'outils.

L'avantage d'un modelleur déclaratif est d'avoir une connaissance approfondie des formes produites. En particulier, il connaît leur description, la façon dont elles sont produites et pourquoi elles le sont ainsi. Il dispose de toutes les informations nécessaires pour offrir des outils de très haut niveau. Ainsi, il met automatiquement en évidence les propriétés que l'utilisateur souhaite voir. Cette mise en évidence peut s'obtenir par le choix d'un bon point de vue mais aussi par l'intermédiaire de modes de visualisation adaptés [3][14]. Par exemple, des cavités à l'intérieur de formes ne peuvent pas être

prises en valeur avec le seul calcul de la position de l'observateur. Il suffit dans ce cas de couper l'objet par des plans passant par les trous, de le présenter en vue éclatée et d'afficher les cavités à l'aide de fausses couleurs [3]. La mise en évidence automatique de propriétés concerne aussi bien celles qui sont exigées dans la description que celles qui sont fortuites.

Les outils de navigation permettent à l'utilisateur de se déplacer dans la scène. Les outils classiques de manipulation des scènes en temps réel à l'aide d'un périphérique comme une souris, une "spaceball" font partie de cette catégorie. Des outils plus perfectionnés autorisent le concepteur à décrire dans un langage proche du sien le type de vue qu'il souhaite obtenir, ou le mode de déplacement au sein de la scène afin de mieux la comprendre. Par exemple, l'utilisateur indique qu'il veut se déplacer au rythme d'un piéton dans la scène représentant une ville [12]. Le modeleur calcule ensuite une vue ou une animation conforme aux exigences du concepteur.

La dernière classe d'outils permet au concepteur de comparer plusieurs solutions entre elles, ou plusieurs présentations d'une même solution [6][9][13]. L'objectif suivi est de mettre en valeur les différences et les similitudes de multiples vues d'une ou de plusieurs formes. Une technique possible est de superposer deux images et traiter de façon particulière les zones communes.

4 La conception à l'aide de modeleurs déclaratifs

4.1 Introduction

Les schémas de la partie précédente mettent en valeur les fonctionnalités d'un modeleur déclaratif qui sont essentielles aux yeux d'un utilisateur. Mais ils ne peuvent traduire la succession d'étapes que le concepteur doit réaliser pour obtenir des objets qui le satisfont complètement. L'objectif de cette partie est de modéliser la conception de solutions à l'aide d'un modeleur déclaratif selon la vision d'un utilisateur. Nous procéderons en 3 étapes : la construction d'un jeu de solutions à partir d'une description, l'évolution du cahier des charges au cours de la conception, et enfin le processus général de conception des solutions.

4.2 Construction d'un jeu de solutions à partir d'une description

Un des fondements de la modélisation déclarative est d'autoriser l'utilisateur à fournir une description incomplète. Cela lui permet d'une part d'explorer un ensemble de possibilités et d'autre part de commencer la conception sans avoir pour autant défini les spécifications en détail. La description initiale, en général incomplète, peut être insuffisante pour obtenir automatiquement un jeu de solutions, dans le sens où le système ne dispose pas assez d'informations pour construire entièrement des formes de l'univers étudié. Pour résoudre ce problème, une première approche est de laisser le système compléter automatiquement les données en choisissant des valeurs selon une stratégie par défaut. Une seconde approche consiste à demander à l'utilisateur un complément d'informations. Cela lui permet d'avoir un certain contrôle sur le choix des données manquantes et d'interagir avec le modeleur pour l'aiguiller dans ses recherches. Avant de demander des informations supplémentaires, le modeleur présente sous une forme adaptée le modèle en construction, dit *modèle partiel*. Ce peut être un morceau de formes, une scène intermédiaire, une entité (comme un modèle mathématique) qui n'appartient pas à l'univers de formes traité mais qui participe à la création des solutions. L'utilisateur en prend connaissance et complète les informations du système. Le modeleur continue alors à progresser dans la création des solutions jusqu'à la fabrication d'un jeu de solutions ou jusqu'à un nouveau manque d'informations. Par son intervention, l'utilisateur fournit des directions à suivre ou à écarter dans la recherche de solutions. On peut représenter le processus de création d'un jeu de solutions par la figure 6. Elle représente la succession des actions de l'utilisateur entre la description initiale (D_0 sur la figure) et le jeu de solutions obtenu (S). L'union de la description initiale et de tous les compléments d'informations fournis (\cup_i) forment une description suffisante pour obtenir un jeu de solutions. A chaque étape, un modèle partiel est produit. L'axe des formes converge vers un modèle complet représentant un jeu de formes de l'univers qui sont solutions au problème décrit. La spirale se termine par une prise de connaissance, de façon à ce que l'utilisateur puisse découvrir le jeu de solutions produites.

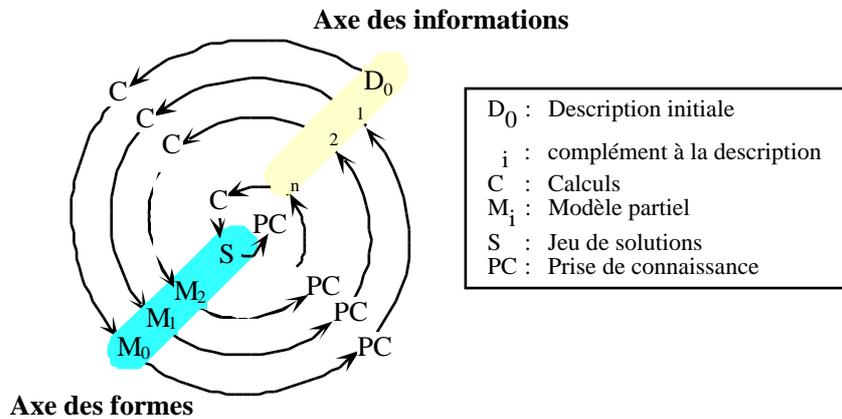


Fig. 6 : Spirale “Construction d’un Jeu de Solutions” (CJS)

Lorsque l'utilisateur n'estime pas nécessaire d'avoir un contrôle fort sur les données manquantes, il laisse le modelleur appliquer une stratégie de choix de valeurs par défaut. Sur la spirale CJS, les compléments d'informations sont fournis par l'utilisateur ou choisis par le modelleur. Le mode de fonctionnement des modelleurs déclaratifs est paramétrable : du mode tout automatique (où le modelleur se “débrouille” avec ce qu'il a en effectuant des choix par défaut) au mode manuel (où l'utilisateur doit fournir explicitement toute information manquante) en passant par tous les modes intermédiaires. Selon la nature des formes à produire, l'utilisateur donne des informations particulières et laisse le système choisir à sa place celles qui lui paraissent moins importantes.

4.3 Evolution du cahier des charges

Lorsqu'on souhaite créer un objet, il est rare que l'on connaisse, dès le début de la conception, la description exacte de l'objet idéal. Aussi, est-on amené à modifier le cahier des charges³ fixé initialement. On doit alors engendrer un nouveau jeu de solutions correspondant à la nouvelle version du cahier des charges. Eventuellement, on le modifiera plusieurs fois. On obtient une succession de “Modification du cahier des charges Calculs Création d'un jeu de solutions Prise de connaissance”. Nous la représentons par une spirale puisqu'elle finit par converger vers les formes qui seront finalement retenues (voir la figure 7). La spirale se termine par une prise de connaissance puisqu'il faut bien comprendre les formes pour savoir qu'elles constituent une bonne réponse au problème émis par l'utilisateur. L'axe des cahiers des charges converge vers le cahier des charges correspondant aux solutions qui satisfont l'utilisateur.

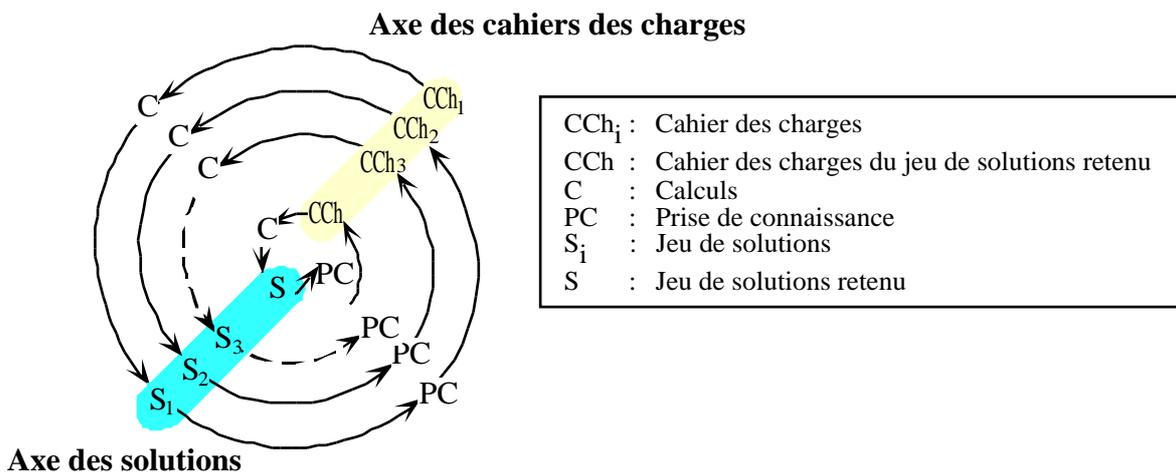


Fig. 7 : Spirale “Evolution du Cahier des Charges” (ECC)

4.4 Le processus de conception des solutions

Le schéma ECC de la figure 7 met en valeur l'évolution du cahier des charges au cours du processus de création des solutions. Le schéma CJS (figure 6) présente quant à lui la génération des solutions répondant à un cahier des charges donné, qui n'est pas modifié. Le schéma ECC est une succession de chaînes “ CCh_i C S_i PC” (voir la figure 7). Chacune d'elles est un problème de

³ c'est-à-dire l'ensemble des spécifications fournies explicitement par l'utilisateur

construction d'un jeu de solutions à partir d'une description donnée. A un niveau de détail plus fin, chacune de ces chaînes est donc une spirale CJS. Selon ce type schéma, on ne peut pas modifier le cahier des charges durant la spirale, ce qui signifie que la modification du cahier des charges n'est possible qu'après la construction complète des solutions. Or, à la vue des modèles partiels, l'utilisateur doit pouvoir remettre en cause les spécifications. C'est pourquoi nous "fusionnons" les deux spirales pour modéliser le processus de création des solutions (voir figure 8). On obtient ainsi une spirale "Description Calculs Modèle Prise de connaissance". Une nouvelle description correspond à un complément d'informations dont le système a besoin, et/ou à une modification du cahier des charges. L'axe des descriptions converge vers le cahier des charges du jeu de solutions retenu. Les modèles sont des modèles partiels ou des modèles complets c'est-à-dire des solutions.

La modélisation du processus de conception de solutions par la spirale PCS (figure 8) s'applique aussi à la conception d'objets à l'aide de modeleurs traditionnels. Cela est normal dans le sens où il n'y a pas opposition entre les modeleurs traditionnels et déclaratifs. Les seconds sont une extension des premiers. En effet, les modeleurs déclaratifs utilisés en mode manuel (voir paragraphe 4.2) fonctionnent comme des modeleurs traditionnels puisque l'utilisateur est obligé de leur fournir toutes les spécifications. La différence essentielle sur la spirale est la nature des outils mis à la disposition de l'utilisateur. Dans le cas du déclaratif, ceux-ci sont de plus haut niveau et lui permettent donc de travailler à un niveau d'abstraction plus élevé.

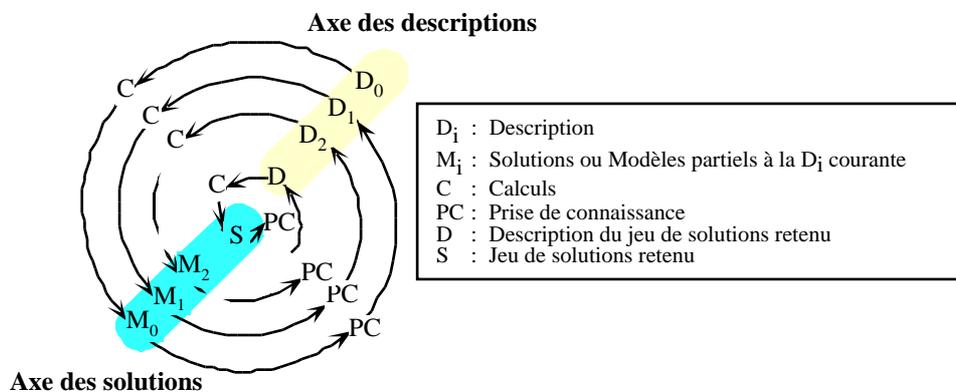


Fig. 8 : Spirale "Processus de Conception des Solutions" (PCS)

5 Modes de travail et modeleurs déclaratifs

5.1 Niveau de détail

La description de certaines formes comportant de nombreux détails est souvent fastidieuse. Il est clair que donner en une seule fois tous les éléments d'une description peut parfois se révéler trop complexe à mettre en œuvre. Pour palier ce problème, certains modeleurs déclaratifs permettent de travailler à des niveaux de détail différents. Le modeleur travaille par étapes successives, qui peuvent être validées par l'utilisateur. Le modeleur prend une partie de la description et construit une forme intermédiaire. Celle-ci n'est qu'une forme non affinée de la solution. Utilisée avec un complément de description, elle permet de construire le niveau de détail suivant. La succession de ces niveaux de détail, dont certains peuvent être validés par l'utilisateur, conduit à la forme finale, les autres étant gérés par le modeleur. Parmi ces derniers, certains peuvent être présentés à titre d'information sur la construction.

Tous les modeleurs développés jusqu'à présent ne s'appuient pas forcément sur la notion de niveau de détail. Dans ce cas, le modeleur passe directement d'une description à une forme solution. Les autres s'appuient sur au moins deux étapes pour obtenir la forme finale. Les modeleurs sont classés en deux catégories :

- Sans niveau de détail

La description est faite en une seule fois. Au cours de la génération, le modeleur déclaratif a besoin de tous les éléments fournis lors de la description pour construire un ensemble de solutions. La génération ne peut pas être décomposée en phases successives.

Parmi les modeleurs réalisés, on peut citer :

- PastoFormes [3] : Modélisation déclarative à base de collage de polyèdres
- AutoFormes [11] : Modélisation déclarative à base d'automates cellulaires
- PolyFormes [10] : Modélisation déclarative de polyèdres.

- Avec niveau de détail

La description peut être décomposée en plusieurs étapes. Cette décomposition est l'œuvre d'un modeleur déclaratif unique fonctionnant par étapes ou d'une succession de modeleurs travaillant les uns à la suite des autres. Dans ce dernier cas, les solutions engendrées par l'un font partie de la description fournie au suivant. L'appel aux divers modeleurs est à la charge de l'utilisateur ou est géré automatiquement par un module "chef d'orchestre".

Parmi les réalisations, on peut citer :

- MultiFormes [14] : Modélisation déclarative hiérarchique de volumes
- FiloFormes [13] : Modélisation déclarative de configurations de segments de droites
- MégaFormes [15] : Modélisation déclarative de sites mégalithiques
- VoluFormes [2] : Modélisation déclarative avec contrôle spatial
- CordiFormes [6] : Plate-forme de développement de modeleurs déclaratifs.

Par exemple, dans MégaFormes [15], les niveaux de détail sont :

- la disposition du site mégalithique (localisation, répartition, ...)
- la forme et la composition des éléments du site (hauteur du menhir, type de dolmen, nombre de pierres, espacement des pierres, ...)
- la forme des pierres (érodée, percée au centre, avec une faille au milieu, ...).

5.2 Modes de travail par ébauches successives

Une méthode de conception consiste à construire les formes à des niveaux de finesse de plus en plus précis. On commence par réaliser une forme grossière que l'on affine petit à petit. Nous appelons cette méthodologie *mode de travail par ébauches successives*, une ébauche étant une forme non finalisée plus ou moins grossière. Cette approche est applicable avec les modeleurs déclaratifs fonctionnant par niveaux de détail. A partir d'une description, le modeleur déclaratif produit des formes intermédiaires et demande à l'utilisateur d'en valider quelques unes avant de poursuivre la génération de formes plus précises. L'avantage de ce mode de travail est qu'il permet à un utilisateur de ne donner que les éléments de description concernant l'ébauche qu'il est train de construire. De plus, il permet de s'assurer que le modeleur n'explore pas des parties de l'univers des formes qui n'intéressent pas l'utilisateur (grâce à la validation des ébauches).

Dans ce mode de travail, la première description permet de construire un ensemble de formes intermédiaires de niveau 1 qui conviennent à l'utilisateur. Celle que ce dernier valide constitue une ébauche de ce que sera la forme finale. Elle est complétée par de nouveaux éléments de description et le tout forme une nouvelle description pour la génération d'un autre ensemble de formes intermédiaires mais d'un niveau supérieur. L'objet qui est validé constitue une ébauche plus fine de la future forme finale. Un mécanisme analogue est appliqué pour créer chaque ensemble de formes intermédiaires et choisir les ébauches. La dernière étape de création conduit aux formes finales choisies par l'utilisateur. Ce mécanisme est symbolisé dans la figure 9.

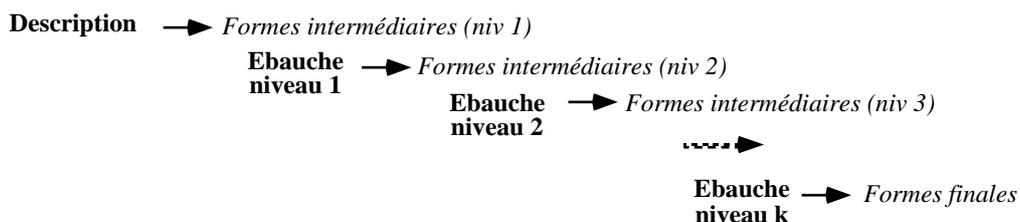


Fig. 9 : Génération d'ébauches pour obtenir une forme

Naturellement, ce mode de fonctionnement est compatible avec les figures définies au paragraphe 4. Le processus de conception des formes finales est obtenu en plusieurs étapes, chacune d'elles étant

symbolisée par une partie d'une spirale PCS. Les premiers tours de cette spirale (voir la figure 10) représentent la conception des formes intermédiaires de niveau 1. E_1 est l'ébauche sélectionnée et validée par le concepteur. Elle constitue un élément descriptif pour la conception des formes intermédiaires de niveau 2 (tours en gras sur la figure). De façon générale, E_i est l'ébauche de niveau i validée et servant à la fabrication des formes intermédiaires de niveau supérieur ($i+1$). Les derniers tours de la spirale correspondent à la création des formes finales.

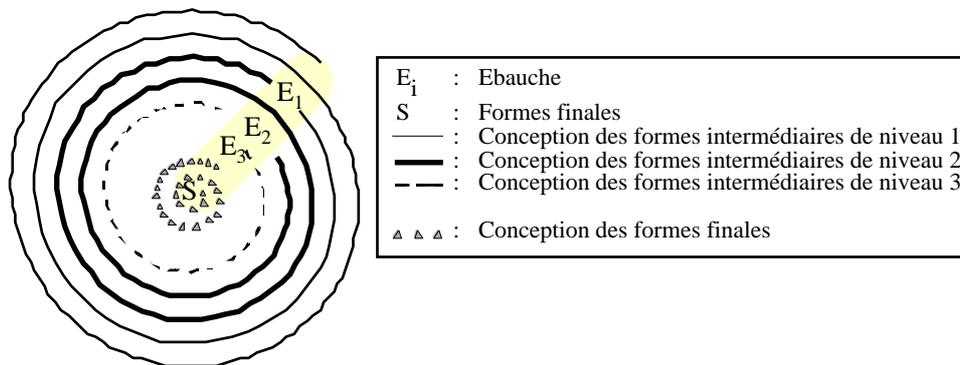


Fig. 10 : Spirale de la construction par ébauches successives.

6 Conclusion

A partir de diverses réalisations, nous avons proposé un modèle de ce qu'est un modèleur déclaratif selon la vision d'un utilisateur. Ce modèle reprend les aspects qui ont été implémentés dans différentes applications existantes aujourd'hui à titre expérimental. A ce jour, aucun logiciel ne comprend toutes les fonctionnalités du modèle. Ce dernier permet de mesurer la distance restant à parcourir pour obtenir un modèleur déclaratif complet. Il présente plusieurs autres intérêts :

- il permet de présenter les grandes fonctions d'un modèleur déclaratif et les avantages que procure l'utilisation de ce type de modèleurs. Ce modèle offre une vue globale d'un modèleur déclaratif destinée aussi bien à un utilisateur potentiel qu'à un implémenteur.
- il constitue un guide dans le développement de modèleurs déclaratifs. En effet, le développeur connaît les grandes fonctionnalités qu'il est préférable de réaliser.
- il indique à ceux qui ont déjà un modèleur en cours de fabrication les modules sur lesquels ils doivent porter plus particulièrement leur attention.
- actuellement, des travaux portent sur la réalisation de plate-formes de modèleurs déclaratifs génériques qui peuvent être spécialisées en décrivant le domaine d'application du modèleur. Dans ce cadre, notre modèle fournit une architecture à ce type de plate-formes.

Notre modèle ne précise pas l'enchaînement des divers modules de façon à laisser une grande liberté dans l'implémentation. Nous avons seulement indiqué les échanges de données nécessaires. Ainsi, les phases pourront être effectuées séquentiellement comme dans certains modèleurs, ou concurremment comme dans d'autres. Actuellement, nous travaillons sur la définition d'un modèle complémentaire : celui de la vision de l'implémenteur. Il comportera des aspects plus techniques et précisera davantage les problèmes liés au développement de modèleurs déclaratifs.

Remerciements : Ce travail a été réalisé par les auteurs réunis en un sous-groupe de réflexion au sein de l'équipe GEODE du GDR-PRC AMI. Nous tenons à remercier l'ensemble des membres de GEODE pour leurs conseils et leurs critiques.

Bibliographie

- [1] L. Champciaux, *Declarative Modelling : speeding up the generation*, CISST'97, Las Vegas, July 1997
- [2] D. Chauvat, *Le projet VoluFormes : un exemple de modélisation déclarative avec contrôle spatial*, Thèse de doctorat, Nantes, Décembre 1994, 225 pages
- [3] C. Colin, *Modélisation déclarative de scènes à base de polyèdres élémentaires*, Thèse de doctorat, Rennes, Déc. 1990, 266 pages
- [4] E. Desmontils, D. Pacholczyk, *Modélisation déclarative en synthèse d'images : traitement semi-qualitatif des propriétés imprécises ou vagues*, AFIG'96, Dijon, Nov. 1996, pp. 173-181
- [5] E. Desmontils, J.Y. Martin, *Properties taxonomy in declarative modeling*, CISST'97, Las Vegas, July 1997

- [6] E. Desmontils, *Les modeleurs déclaratifs*, Rapport de recherche IRIN n° 95, Nantes, Sept. 1995
- [7] S. Liège, *La modélisation déclarative incrémentale - Application à la conception urbaine*, Thèse de doctorat - Université de Nantes, Ecole des Mines de Nantes, 1996
- [8] M. Lucas, D. Martin, P. Martin, D. Plemenos, *Le projet ExploFormes : Quelques pas vers la modélisation déclarative de formes*, Journées AFCET-GROPLAN, Strasbourg, 1989, publié dans BIGRE, no 67, Jan. 1990, pp 35-49
- [9] M. Lucas, E. Desmontils, *Les modeleurs déclaratifs*, Revue internationale de CFAO et d'informatique graphique vol. 10, No 6, Déc. 95, pp. 559-585
- [10] P. Martin, D. Martin, *Declarative generation of a family of polyhedra*, Graphicon'93, Saint Petersbourg, Sept. 1993
- [11] J.Y. Martin, *Synthèse d'images à l'aide d'automates cellulaires*, Thèse de doctorat, Rennes, Déc. 1990, 228 pages
- [12] J-P. Mounier, *Le projet UrbaFormes : premiers pas*, Rapport interne IRIN n° 117, Nantes, 1996
- [13] L. Pajot-Duval, *Modélisation déclarative de configurations de segments de droite*, Thèse de doctorat, Nantes, Juin 1994, 142 pages
- [14] D. Plemenos, *Contribution à l'étude et au développement des techniques de modélisation, génération et visualisation de scènes : le projet MultiFormes*, Thèse de Doctorat d'état, Nantes, Nov. 1991, 308 pages
- [15] F. Poulet, *Modélisation déclarative de scènes tridimensionnelles par énumération spatiale: le projet SpatioFormes*, Thèse de doctorat, Rennes, Juin 1994, 135 pages