

Mise en relation implicite d'objets géométriques

Développement d'un module de dessin contraint

Salim Belblidia¹

¹UMR MAP, Ecole d'Architecture de Nancy,
salim.belblidia@crai.map.archi.fr

Résumé : Ce travail présente un module de dessin contraint basé sur la mise en relation d'objets géométriques et intégré à un logiciel CAO. Le système intercepte les appels de l'utilisateur aux outils de précision pour les transformer en relations entre points et objets. Un mécanisme interne de notification permet au système de réagir aux modifications et de les propager à travers un graphe relationnel pour mettre à jour le dessin. Le prototype précédent, limité aux fonctions d'accrochage, est étendu ici aux relations de repérage.

Mots-clés : modélisation géométrique, contraintes, relations géométriques, géométrie dynamique

1 Introduction

La construction de figures géométriques contraintes, notamment lors du processus de conception architecturale, a fait l'objet de nombreux travaux. Le but recherché est d'intégrer dans le dessin les intentions du concepteur, à un stade où celles-ci peuvent être exprimées en termes géométriques, et d'offrir une assistance à la composition et au dimensionnement qui facilite l'évolution du dessin.

Le travail présenté ici a permis le développement d'un module d'extension permettant la prise en compte de relations géométriques dans un modèleur existant¹, dans le but de permettre une mise à jour automatique du dessin après la modification d'une de ses parties. Cet outil devait satisfaire deux conditions : 1) une mise en place simple des contraintes, si possible, transparente pour l'utilisateur ; 2) une mise à jour efficace du dessin sans intervention de l'utilisateur. Ceci nous a conduit à intégrer cet outil à un logiciel hôte ouvert et à adopter une méthode simple de mise en contrainte.

Evidemment, la prise en compte de contraintes ou de relations géométriques n'est pas une nouveauté puisqu'elle est présente, sous des formes variables, dans des logiciels de CAO mécanique et de géométrie dynamique. A travers ce travail, nous souhaitons rendre ces outils disponibles dans un logiciel qui, bien que non spécialisé, fait partie de l'univers CAO de l'architecte.

¹ AutoCAD (Autodesk).

2 Les méthodes et les outils

Les approches pour résoudre le problème des contraintes en CAO sont nombreuses. Maculet et Daniel (Maculet et Daniel, 2003) en font une classification basée sur plusieurs critères. Les méthodes diffèrent par le niveau d'abstraction auquel elles opèrent. Elles peuvent manipuler soit des variables mathématiques, soit des objets géométriques élémentaires ou encore des objets complexes, appelés aussi objets paramétriques.

Le caractère orienté ou non-orienté des contraintes constitue un autre critère de classement qui détermine deux types d'approches : paramétrique ou variationnelle. Dans le premier cas, les objets sont mis en place de manière séquentielle, ce qui permet une résolution procédurale des contraintes. Dans le deuxième cas, les objets sous contraintes sont placés simultanément et la résolution du système de contraintes nécessite des méthodes globales de résolution et de décomposition de problèmes. Il est d'ailleurs intéressant de constater qu'un même problème géométrique peut être exprimé sous forme orientée (la longueur de ce rectangle est le double de sa largeur) ou non-orientée (le rapport entre longueur et largeur de ce rectangle est de deux).

Cette classification se traduit par l'existence de deux familles d'outils de dessin contraint. D'une part, des outils dans lesquels les contraintes implicites découlent des actions de l'utilisateur et consistent principalement à maintenir des relations de dépendance entre les objets. C'est le cas de logiciels tels que le modèleur SolidEdge² et les logiciels de géométrie dynamique³. D'autre part, des outils, plus souvent destinés à la CAO mécanique⁴, permettant de formuler des contraintes géométriques ou d'ingénierie. Celles-ci sont exprimées en termes d'objectifs, de seuils, de conditions ou de relations et forment un système de contraintes qui peut être sous-contraint, sur-contraint ou bien contraint.

Nous dirons – au risque de simplifier – que, dans un cas, la solution au problème est connue par l'utilisateur au moment où le problème est posé, le rôle du système étant de la faire évoluer. Dans l'autre cas, le rôle du système est de rechercher une, la ou les solutions que l'utilisateur ne peut anticiper vu la complexité du problème.

C'est dans la première famille d'approches, connue aussi sous le nom de "history-based modeling" ou "constructive parametric design" (Monedero, 2000), que s'inscrit notre travail. Nous y trouvons aussi un ensemble de travaux adaptés à la conception architecturale et utilisant des graphes entre points et objets (Martini, 1995) comme le projet ReDRAW (Kolarevic, 1997) ou l'applet Java CadLab (Medjdoub, 1999).

3 Notre approche

L'objectif de notre système est de mémoriser les relations géométriques entre objets et de les maintenir pour faire évoluer le dessin lors des modifications

² Solid Edge (UGS)

³ Cabri Géomètre (Cabrilog), Cinderella (TU Berlin).

⁴ Pro/Engineer (PTC), SolidWorks (Dassault Systèmes), Mechanical Desktop (Autodesk).

ultérieures. Pour ne créer aucun dispositif de saisie supplémentaire, la création de relations géométriques est basée exclusivement sur l'utilisation des outils de précision intégrés au modèleur.

Deux dispositifs permettent le positionnement de points par rapport à des objets existants: l'accrochage aux objets et le repérage par rapport aux objets. La prise en compte des fonctions d'accrochage a fait l'objet d'un premier prototype logiciel (Belblidia et Alby, 2003) que nous prolongeons ici par la prise en compte des outils de repérage.

3.1 Le graphe relationnel

Toutes les relations géométriques sont mémorisées dans une structure de données parallèle : le graphe relationnel. Elles s'y traduisent par des liens orientés entre points et objets. Chaque objet géométrique est construit à partir d'un certain nombre de points. Il sera modifié si ces points se déplacent. Nous appelons cette dépendance un lien de construction. Inversement, un point peut être positionné, à l'aide d'un outil de précision, sur ou par rapport à un objet existant. Si cet objet varie, le point est redéfini. Nous appelons cela un lien de position.

Le graphe relationnel est constitué d'un ensemble de points et d'objets (les nœuds) reliés par des liens de définition et des liens de position (les arcs). Les points libres ne sont reliés par aucun lien de position.

Lorsqu'un point libre est déplacé, les modifications sont propagées en cascade depuis ce point, en suivant les liens de construction incidents et ainsi de suite. Comme chaque point n'est issu que d'un seul lien de position et qu'il n'y a pas de cycles dans le graphe (un objet ne peut dépendre que d'un objet préexistant), la résolution est simple et ne produit pas de conflit.

Cependant, il peut arriver que la solution n'existe plus suite à une modification (intersection de deux segments devenus parallèles) ou que les solutions apparentes soient multiples (intersection de deux cercles). Dans ce dernier cas, des informations complémentaires (produit scalaire de deux vecteurs) attachées au point, dès sa création, permettent de lever les ambiguïtés.

3.2 Les accrochages aux objets

Les outils d'accrochage permettent de capturer un point caractéristique sur un objet existant :

- a. Extrémité d'un objet ouvert
- b. Milieu d'un objet ouvert
- c. Centre d'un cercle, ellipse, arc de cercle ou arc elliptique
- d. Quadrant d'un cercle, ellipse, arc de cercle ou arc elliptique
- e. Intersection de deux objets
- f. Intersection des prolongements de deux objets
- g. Projection orthogonale d'un point sur un objet
- h. Intersection de la tangente passant par un point avec un objet

La relation d'accrochage se traduit par un lien de position. Selon les cas, ce lien relie le point contraint à un seul objet (a à d), à deux objets (e et f) ou encore à un point et à un objet (g et h).

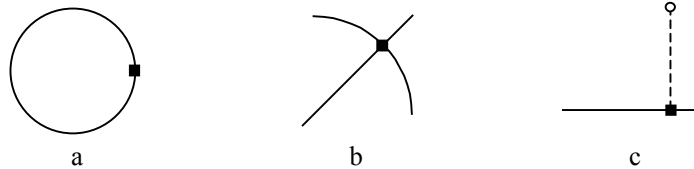


Fig. 1 – Trois types de relations d'accrochage : a) un seul objet (quadrant), b) deux objets (intersection), c) un objet et un point (projection orthogonale).

3.3 Les repérages par rapport aux objets

Les outils de repérage diffèrent des accrochages par le fait que le point créé ne se trouve pas sur l'objet source mais sur un axe de repérage passant par un point caractéristique. Un axe de repérage est une droite caractérisée par une origine et une orientation. Celle-ci peut être :

- Absolue et déterminée par les paramètres de repérage polaire fixés par l'utilisateur ;
- Relative à l'objet source, concrètement une parallèle, un prolongement ou une perpendiculaire à l'objet.

De plus, nous distinguons, d'une part, le repérage simple où un point se trouve sur un seul axe de repérage, à une distance donnée de l'origine, et d'autre part, du repérage double où le point est à l'intersection de deux axes de repérage. Le croisement de ces critères avec les différents points caractéristiques des objets donne un grand nombre de combinaisons.

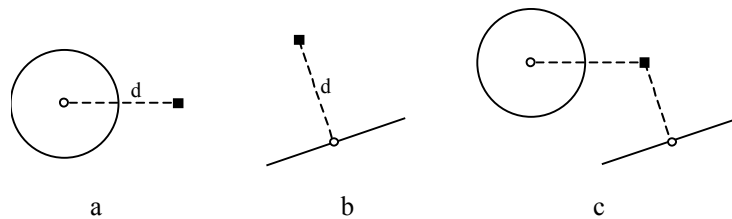


Fig. 2 – Relations de repérage : a) repérage simple absolu, b) repérage simple relatif, c) repérage double.

Pour prendre en compte ces différentes situations, notamment le repérage double, nous avons considéré l'axe de repérage comme un objet géométrique, présent dans le graphe relationnel mais n'ayant pas de représentation graphique.

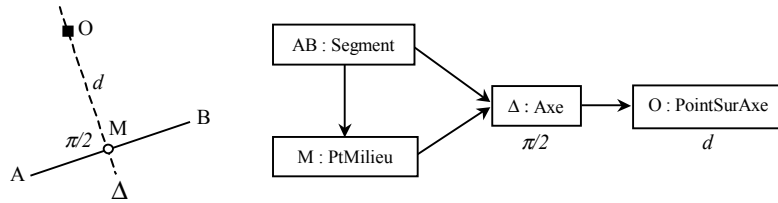


Fig. 3 – Exemple de relation de repérage. Dans ce cas, ce repérage simple relatif met en jeu un objet source, un point source, un axe de repérage défini par son orientation (relative) et enfin un point sur l'axe, à une distance donnée de l'origine.

4 Modèle de données

Le modèle de données repose sur deux classes d'objets : les points contraints et les objets contraints. Afin que les objets de ces classes soient entièrement intégrés à la base de données AutoCAD, les deux classes héritent de deux classes de base ObjectARX (Autodesk, 2004) : la classe des objets génériques (AcDbObject) et la classe des entités graphiques (AcDbEntity), héritière de la précédente. Dans le cas présent, les points contraints sont des entités non-graphiques alors que les objets contraints sont des entités graphiques.

4.1 Les points contraints

La classe *PointContraint* généralise trois classes de points contraints correspondant aux trois types de liens de position (cf. 3.2) : *PointContraint_1Entite*, *PointContraint_1Entite1Point* et *PointContraint_2Entites*. Ces trois classes sont ensuite spécialisées pour représenter les points issus des différents modes d'accrochage.

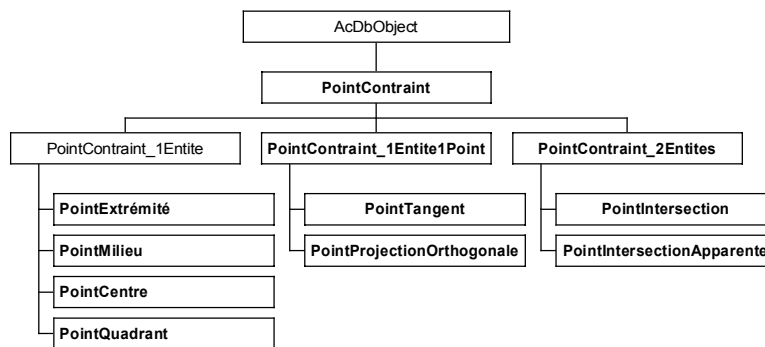


Fig. 4 – Classes de points contraints correspondant aux différents modes d'accrochage

4.2 Les objets contraints

Chaque classe d'objet contraint est dérivée de la classe AutoCAD décrivant l'objet de même géométrie : *AcDbLine*, *AcDbCircle*, etc. Les modes de construction de l'objet peuvent induire des classes spécialisées, chacune entretenant des liens de construction différents avec les classes de points contraints.

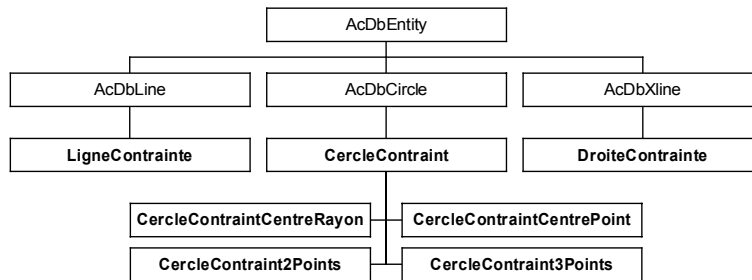


Fig. 5 – Classes d'objets contraints. La hiérarchie peut être élargie à d'autres objets contraints : rectangle, ellipse, etc.

4.3 Les accrochages aux objets

Le recours de l'utilisateur à un mode d'accrochage induit la création d'un point contraint, relié par un lien de position à un ou plusieurs objets sources, selon son type (cf. 3.2).

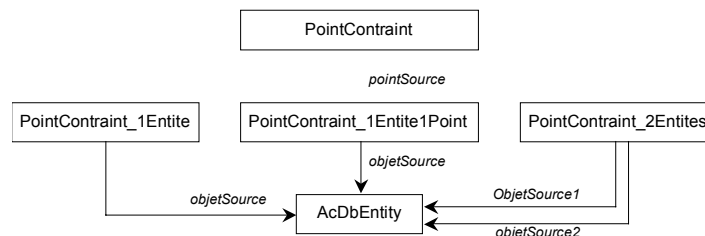


Fig. 6 – Relations d'accrochage. Liens de position entre points et entités

4.4 Les repérages par rapport aux objets

L'introduction des relations de repérage a entraîné l'extension du modèle de données. Cela a consisté à introduire l'axe de repérage comme objet intermédiaire entre le point cible et le point source.

Les classes *AxeRepérage1Point* et *AxeRepérage1Point1Entite* correspondent respectivement à un repérage absolu et à un repérage relatif. Une opération de repérage simple entraîne la création d'un *PointSurObjet* relié à un axe alors qu'un repérage double génère un *PointIntersection* (comme pour un accrochage) relié à deux axes de repérage.

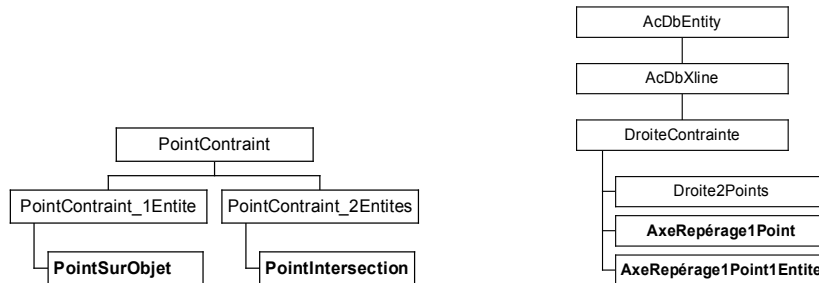


Fig. 7 – Partie du modèle de données intervenant dans les relations de repérage

5 Conclusion

La question de l'ergonomie occupe une place importante dans ce travail, ce qui explique une approche du problème à travers un logiciel hôte, ses fonctionnalités, son interface utilisateur et probablement ses limitations. Pour y pallier, une solution serait d'étendre la palette des outils de précision par la création de nouveaux modes d'accrochage, extension prévue dans l'environnement de développement.

Ce module de dessin contraint est basé sur un graphe relationnel acyclique et orienté. Ce choix permet une résolution simple et efficace. En revanche, il n'autorise pas la remise en question de points existants, par la création ou la modification de relations a posteriori. Si cette possibilité est offerte, les cycles de contraintes seront possibles et le système devra être doté d'une méthode de résolution proprement dite.

Références

- ALBY E. Assistance à la modification d'un dessin par mise en contrainte implicite, Rapport de DEA, École d'Architecture de Nancy, 2002.
- AUTODESK Inc. ObjectARX developer's guide, documentation en ligne, www.autodesk.com/objectarx/, 2004.
- BELBLIDIA S., ALBY, E. Implicit handling of geometric relations in an existing modeler, Proceedings of the 8th CAADRIA Conference, Bangkok (Thaïlande), 3-5 mai 2003.
- CHARMAN P. Gestion des contraintes géométriques pour l'aide à l'aménagement spatial, Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1995.
- KOLAREVIC B. Regulating Lines, Geometric Relations, and Shape Delineation in Design, 15th eCAADe Conference, Vienna, 17-20 septembre 1997.
- KOLAREVIC B.(1999) Relations-Based Drawing, Proceedings of the III Congreso Iberoamericano de Grafico Digital, Montevideo (Uruguay), 29 septembre-1er octobre 1999.
- MACULET R., DANIEL M. Conception, modélisation géométrique et contraintes en CAO : Une synthèse, Rapport de recherche CNRS RR-LSIS-2003-005, Marseille, 2003.
- MARTINI, K. Hierarchical geometric constraints for building design, Computer-Aided Design 27(3), pp. 181-191.
- MATHIS P. Constructions géométriques sous contraintes en modélisation à base topologique. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1997.

Mise en relation implicite d'objets géométriques

MEDJDOUB, B. Interactive 2D Constraint-Based Geometric Construction System, Proceedings of the 8th CAAD Futures Conference, Atlanta, 7-8 juin 1999, pp. 197-212.

MONEDERO, J.: 2000, Parametric design: a review and some experiences, Automation in Construction 9(4), pp. 369-377.