


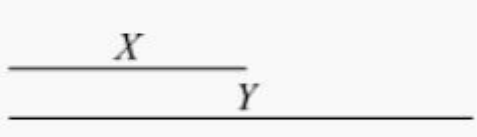
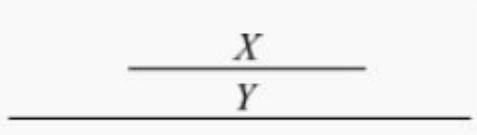
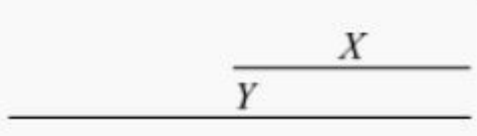
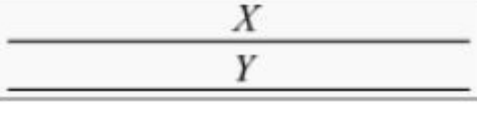


# Les 13 relations temporelles topologiques

James Frédérick ALLEN (1981)

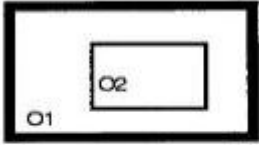
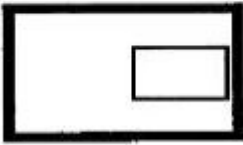

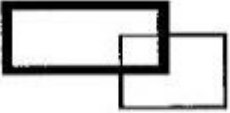
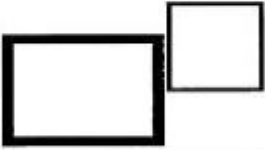
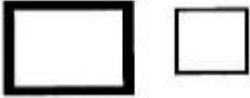
Relation	Illustration	Interpretation
$X < Y$ $Y > X$		X takes place before Y
$X m Y$ $Y mi X$		X meets Y ( <i>i</i> stands for <i>inverse</i> )
$X o Y$ $Y oi X$		X overlaps with Y
$X s Y$ $Y si X$		X starts Y
$X d Y$ $Y di X$		X during Y
$X f Y$ $Y fi X$		X finishes Y
$X = Y$		X is equal to Y

Références:

ALLEN J.F., « An Interval Based Representation of Temporal Knowledge », IJCAI'81, pp.221-226.

# Les 8 relations spatiales topologiques

Robert MACULET (1991)

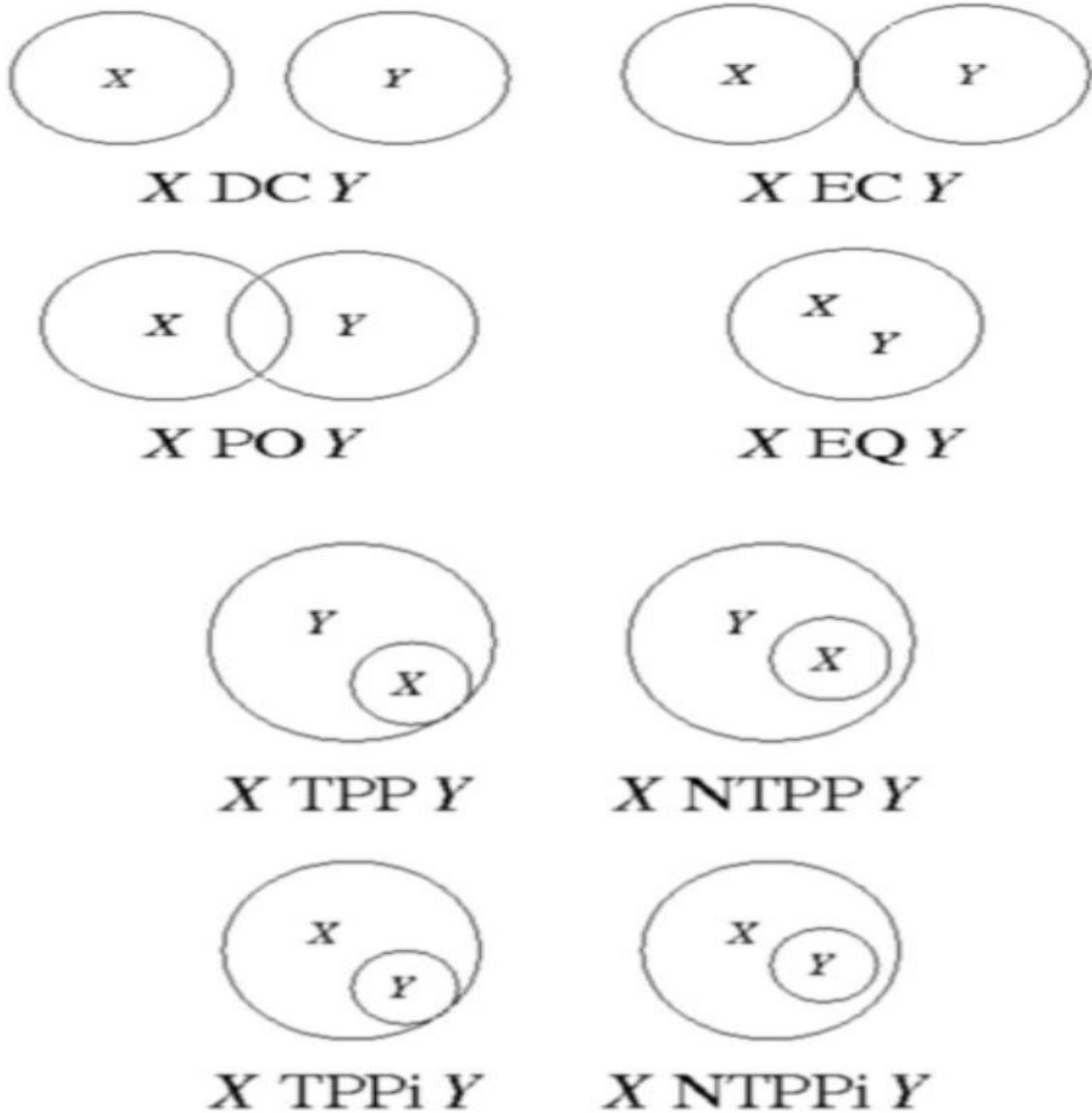
CONTRAINTES SYMBOLIQUES		REPRESENTATION GRAPHIQUE
Relation	Relation Inverse	
O1 D O2 DANS	O2 D' O1 CONTIENT	
O1 I O2 DANS ADJACENT	O2 I' O1 CONTIENT ADJACENT	
O1 E O2 EGAL	O2 F O1	
O1 I O2 INTERSECTE = Chevauche ou Dans ou Contient	O2 I O1	
O1 A O2 ADJACENT	O2 A O1	
O1 D O2 NON-INTERSECTE	O2 D O1	

**MACULET R.**, «IA et CAO en architecture : représentation des connaissances spatiales et raisonnement spatial avec contraintes», Thèse de Doctorat, Université Paris 6, 1991.

# Region Connection Calculus ( RCC8 )

Ces 8 relations spatiales ont été aussi identifiées en 1992 par RANDELL, CUI et COHN avec comme nom «Relations RCC» pour Region Connected Calculus:

RANDELL D.A., CUI Z., COHN A.G., «A Spatial Logic Based on Regions and Connection», Proceedings 3<sup>rd</sup> International Conference on Knowledge Representation and Reasoning, Morgan Kaufmann, San Mateo, pp.165-176, 1992



- disconnected (DC)
- externally connected (EC)
- equal (EQ)
- partially overlapping (PO)
- tangential proper part (TPP)
- tangential proper part inverse (TPPi)
- non-tangential proper part (NTPP)
- non-tangential proper part inverse (NTPPi)

# ARTICLE

Actes de OIDesign'92

Deuxième table ronde francophone sur la prise en compte des processus créatifs dans des systèmes informatiques

25-27 Janvier 1992

## **De la conception topologique a la conception géométrique**

**Maculet Robert**

ECOLE CENTRALE PARIS

Laboratoire STB (Sciences et Techniques du Bâtiment)

92295 Chatenay-Malabry Cedex

TEL: 41131291

Télécopie: 41131436

RESUME. Le processus de conception préliminaire d'un artefact (par exemple un bâtiment) passe par différents modèles: conceptuel, fonctionnel, logique, topologique, géométrique, technologique. Cet article se focalise sur le passage du modèle topologique au modèle géométrique. Le modèle topologique est déjà une pré-forme de l'artefact. Celui-ci se définit de plus en plus finement autour d'une hiérarchie spatiale. L'exploration de l'espace de conception, composé des 3 axes (Fonction, Force, Forme) entouré d'un ensemble de contraintes (l'environnement), se fait d'une façon hétérarchique, c'est-à-dire en sautant d'une manière discontinue entre hiérarchies partielles et enchevêtrées. Nous présentons ici une hiérarchie conceptuelle des contraintes spatiales (topologiques et géométriques) rencontrée au cours du processus de conception d'un artefact.

MOTS-CLES : aide à la conception, intelligence artificielle, conception assistée par ordinateur, architecture, satisfaction de contraintes, contraintes géométriques, boîtes de Manhattan.

## **Introduction**

Les réflexions de cet article découlent d'une recherche faite à la Direction des Etudes et Recherches de EDF sur la conception préliminaire d'un bâtiment, et en particulier d'un bâtiment industriel (centrale nucléaire) [MAC 91] [MAC 90]. Cette recherche, qui se focalise sur l'articulation entre la conception topologique et la conception géométrique, a débouché sur une maquette informatique: le système d'aide à la conception ARCHIPEL.

### **L'ARTICULATION ENTRE LA MODELISATION LOGIQUE ET LA MODELISATION GEOMETRIQUE**

Le champ de cette recherche est l'articulation entre la conception topologique et la conception géométrique.

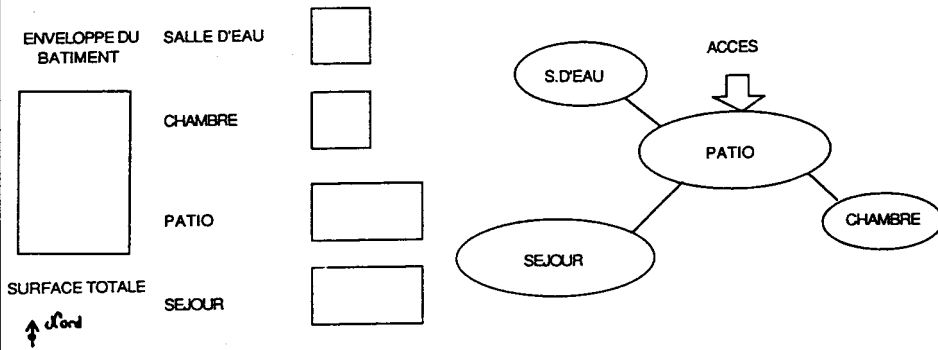
D'un côté, la modélisation fonctionnelle, logique, topologique dispose maintenant de plus en plus d'outils informatiques: développement des systèmes d'information, des modèles conceptuels de données et de traitements, des bases de données, de l'intelligence artificielle. C'est le domaine du symbolique, du non-numérique.

D'un autre côté, la modélisation géométrique dispose d'un formidable capital développé depuis le début de l'informatique. C'est le domaine du numérique: analyse numérique, optimisation, calcul de structures... Notre préoccupation est d'établir des ponts, de créer des synergies entre ces deux mondes. En effet, il existe souvent une forte dépendance entre la conception fonctionnelle et la conception géométrique d'un artefact.

**BASE DE DONNEES CAO SCHEMATIQUE 2D (PHENIX)**

**LE BATIMENT**

Schémas



OBJETS

Attributs

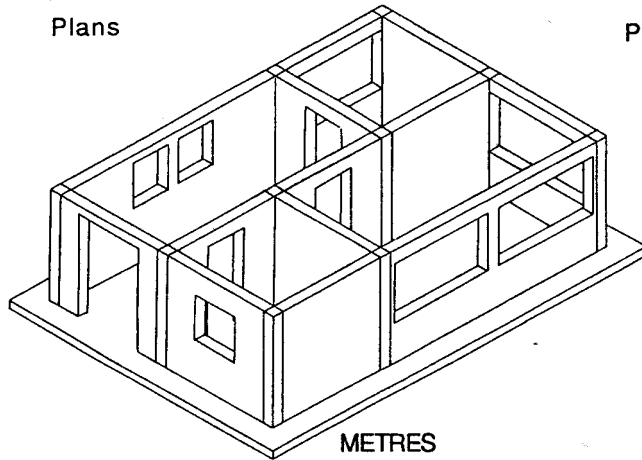
Contraintes

**LE SYSTEME ARCHIPEL**

MODELE TRIDIMENSIONNEL

Plans

Perspectives



METRES

**BASE DE DONNEES CAO 3D (PDMS)**

# 1. Artefact

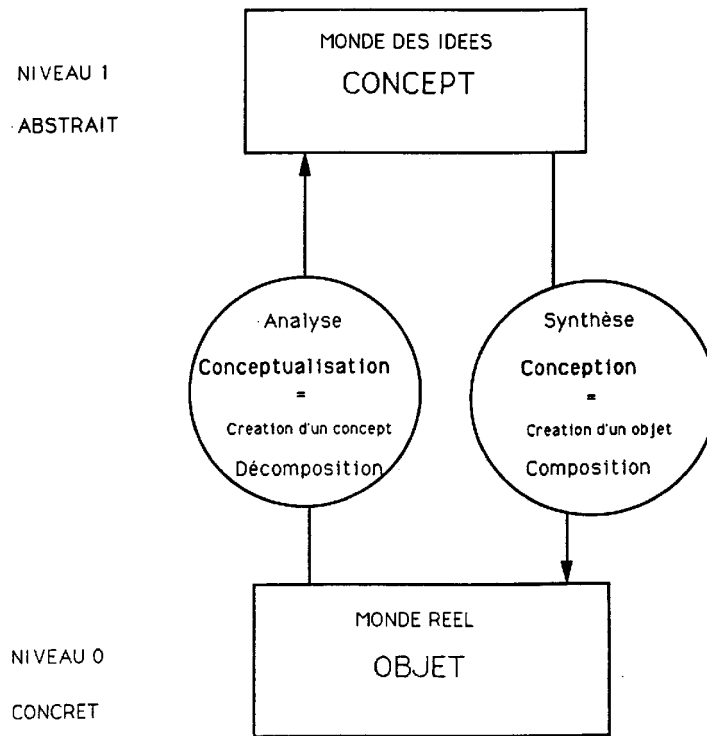
## ARTEFACT ET HIERARCHISATION SPATIALE

Un artefact est un objet physique, artificiel, créé par l'homme. Monod [MON70] a imaginé les critères qu'un programme informatique devrait retenir pour qu'un robot puisse identifier un objet artificiel sur une planète inconnue et le différencier avec un objet naturel. Les critères sont la régularité, la simplicité géométrique et la répétition. Un artefact ayant une fonction donnée, une certaine utilité, est un objet bien structuré. Un artefact est composé par une hiérarchie de différents objets plus simples. Une table est composée d'un plateau et de pieds. Un bâtiment est un objet à haut niveau de hiérarchisation: Unités de matériaux, éléments d'architecture (formes pleines), espaces architecturaux (formes vides), bâtiment, ensemble de bâtiment

## HIERARCHIE SPATIALE ET HIERARCHIE CONCEPTUELLE

Cette hiérarchisation spatiale de l'objet conçu est le reflet direct de deux modes fondamentaux de l'activité de notre pensée: la classification et la hiérarchisation. Ils permettent d'organiser et de structurer nos connaissances, et de créer ainsi de nouveaux concepts. Classification des objets et hiérarchisation dans l'espace va de pair avec classification et hiérarchisation des concepts en différents niveaux d'abstraction.

Le concept est la représentation mentale générale et abstraite d'un objet. Le CONCEPT ainsi défini par un mot devient alors un nouvel objet: un objet abstrait. Cet objet va permettre de créer un nouveau concept de niveau plus élevé et ainsi de suite. Nous montons par niveaux d'abstraction dans une hiérarchie conceptuelle. Remarquons ici le rôle fondamental du langage naturel dans l'élaboration de cette hiérarchie des concepts; le langage est l'outil principal de création de concepts. En neurosciences, les objets mentaux [CHA 83] se composent de percepts (perception de l'objet physique), d'images mentales (visions intérieures des objets) et de concepts. Le concept de "table" est une image simplifiée, "squelettique" de l'objet physique table. La formation d'un concept s'accompagne d'une schématisation, d'une abstraction de l'objet réel par élimination des détails. (ceci correspond à la notion de classe en représentation objet). Notons, pour un concepteur, la profondeur des niveaux d'abstraction dépasse rarement 4 ou 5. Cela semble une limite humaine pour appréhender un problème de conception.



## OBJET ET CONCEPT

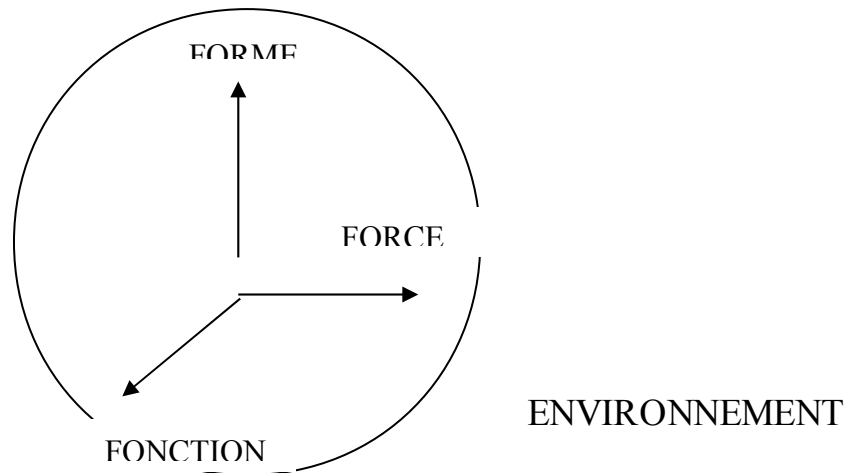
### 2. Conception

Nous prendrons ici comme sens pour le mot CONCEPTION l'acte de créer dans son imagination puis dans la réalité un objet physique (artefact). C'est un processus de concrétisation d'une idée en un objet. Lorsque cet objet est complexe on passe par un objet intermédiaire: le projet. Concevoir, c'est tout d'abord créer un objet avec son imagination, c'est inventer. L'architecte a déjà au tout début dans sa tête l'image mentale de la maison qu'il va concevoir. La conception est le processus qui mène de l'idée, image mentale que l'homme a d'un objet dont il a besoin, jusqu'au projet. Cette représentation plus ou moins complète définit l'objet et permettra alors de le réaliser. La conception d'un produit industriel est le processus allant de l'élaboration du cahier des charges jusqu'à l'établissement des documents nécessaires à la fabrication de l'objet. Le cahier des charges est un document contenant les spécifications de l'objet à concevoir; on emploie aussi le terme d'exigences ou de contraintes. Ces spécifications sont issues d'un recensement des besoins après discussion avec le client ou après une étude de marché.



## L'ESPACE DE CONCEPTION= 3F dans E

L'espace de conception d'un artefact est composé par les 3 axes principaux que sont la fonction, la force (ou la matière) et la forme dans un ensemble de contraintes: l'environnement.



## PROCESSUS HETERARCHIQUE

Le processus de conception est le chemin que parcourt le concepteur dans l'espace F3 pour aboutir à l'objet à concevoir. Nous avons dégagé deux caractéristiques essentielles de ce processus: c'est un processus de satisfaction de contraintes et c'est un processus hétérarchique.

## PROCESSUS DE SATISFACTION DE CONTRAINTES

Le mot satisfaction provient de "satisficing" de H.A.SIMON [SIM 74] indiquant qu'en conception on ne recherche pas la solution optimale mais une bonne solution, acceptable, satisfaisante. L'imaginaire du concepteur est sans limites, sans contraintes. L'espace des solutions est infini, total. Le concepteur part d'un bloc de marbre vierge. Mais "il faut se limiter", il faut respecter plus ou moins les contraintes de l'environnement. Le but de la conception, l'objet à concevoir n'est pas précis; il est au départ flou, vague, incertain. Il n'est fixé que lorsque le processus est terminé. Le problème exact de conception est connu que lorsque l'objet est conçu. La définition du problème va de pair avec sa résolution. L'objet à concevoir est un objet flou en mouvement continu et imprévisible, qui devient de plus en plus net et de moins en moins en mouvement au fur et à mesure que le concepteur se rapproche de lui. Ainsi donc, l'aide à la conception ne vient-elle pas seulement de l'objectif mais aussi de son environnement, de son contexte, des contraintes. Ces contraintes permettent de tailler dans le bloc de l'espace total et de restreindre ainsi l'espace des solutions qui reste malgré tout infini. Souvent les contraintes aident et stimulent le concepteur dans sa recherche. Les contraintes représentent les limites, la marge de manœuvre du concepteur. Elles peuvent être positives ou négatives par rapport au cheminement du concepteur.

La conception, c'est d'abord un processus d'élaboration des spécifications, de définition des contraintes. C'est essayer de définir progressivement les spécifications, les exigences, les contraintes de l'objet à concevoir. Certaines de ces contraintes sont strictement impératives, absolues, d'autres sont plus ou moins fortes, non-absolues. Leur implication dans le projet va dépendre aussi de la personnalité du concepteur. Il doit hiérarchiser l'ensemble des contraintes par rapport aux niveaux d'abstraction qu'il va traiter. Il doit aussi les évaluer, les pondérer à un instant donné.

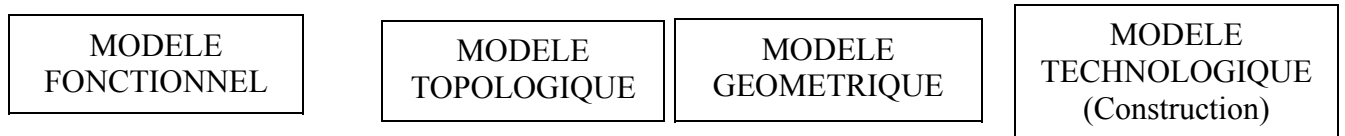
## PROCESSUS HÉTÉRARCHIQUE

Le processus de conception se déroule d'une manière simultanément et continuellement descendante et ascendante. Dans la démarche descendante (top-down), le concepteur décompose en éléments les plus indépendants possibles. L'expertise du concepteur permet de diviser le problème en minimisant les interactions entre ses différentes composantes. Ainsi il évite par avance, par anticipation, des problèmes qui peuvent être bloquants lors de la reconstruction et de l'assemblage des parties. Souvent, d'ailleurs, le concepteur contrôle et utilise ces dépendances pour imprimer sa marque, son style. Ces interactions servent de levier à son imagination. De là est issu le pouvoir créatif de la composition.

Le processus de conception dépend du concepteur et de l'objet à concevoir. Si le concepteur est expérimenté et si l'objet n'est pas nouveau, la conception est quasi hiérarchique. À l'opposé, quand le concepteur est novice ou/et l'objet complexe, la conception peut être complètement anarchique.

Le processus réel de conception n'est pas hiérarchique. Il est "opportuniste" [FOX 87], **Hétérarchique** (hiérarchies partielles et enchevêtrées) Ce mot a été inventé, semble-t-il, par Warren McCulloch, l'un des premiers cybernéticiens [HOF85]. Il y a continuellement des aller-retours, raffinements (affinements) successifs et des sauts d'un niveau d'abstraction à un autre.

Le concepteur peut partir d'un bas niveau de détail. L'architecte peut élaborer un ensemble à partir d'un point de détail symbolique comme l'entrée, le point central du bâtiment... Souvent il cherche à trouver un "bout" au problème, puis "il tire le fil" de la conception.



**FONCTION**

**FORME**

**FORCE**

### 3. Forme

Nous percevons par nos yeux des volumes, l'enveloppe, les contours apparents des objets: les formes des objets. Nous interprétons l'image de l'œil droit et celle de l'œil gauche et nous construisons les objets mentaux: percepts, images, concepts. Notre esprit a appris ces formes grâce au toucher, à la main. L'analyse des formes en informatique est devenu un domaine très avancé. Une succession très progressive de niveaux d'abstraction est nécessaire pour mener à bien cette tâche:

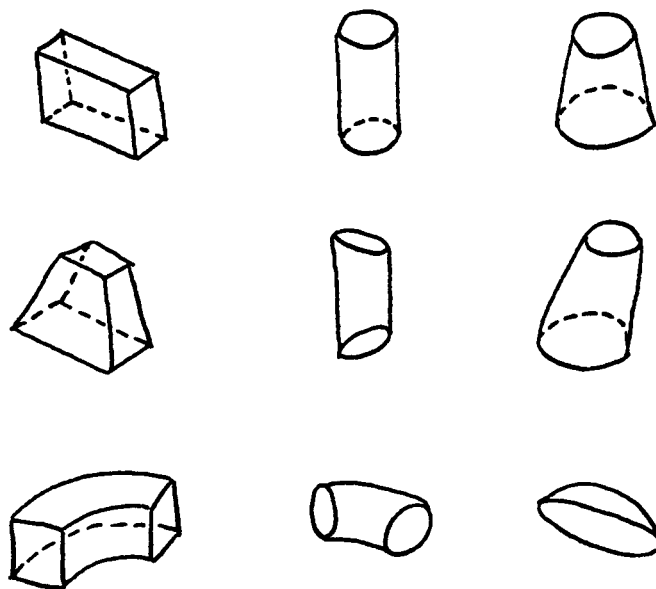
FONCTION <-> OBJET <-> VOLUME <-> SURFACE <-> CONTOUR <-> FRONTIERE <-> PIXEL

L'analyse des formes est le problème inverse de la CAO. Cette dernière crée des formes. Aussi certains logiciels de CAO utilisent uniquement, pour la modélisation géométrique de l'objet à concevoir, un nombre limité de formes élémentaires.

#### LES FORMES ELEMENTAIRES

- sphère
- ellipsoïde
- cube
- parallélépipède ( BOITE )
- pyramide
- cylindre
- cône
- tore

#### LES PRIMITIVES GEOMETRIQUES DE PDMS (logiciel CAO d'ingénierie)



Chaque Formene est définie par un certain nombre de paramètres. Par exemple, la boîte a 3 paramètres DX, DY, DZ. Nous l'avons appelé BOITE DE MANHATTAN.

## CONFIGURATION D'UN OBJET DANS L'ESPACE = SA FORME ET SA POSITION

Un objet se caractérise géométriquement dans l'espace par ses attributs spatiaux de forme et de position. Une configuration d'un objet solide en 3D est déterminée par six paramètres, trois de position et trois d'orientation. On peut choisir un repère relatif attaché au solide. Celui-ci est parfaitement déterminé par les 3 angles du repère relatif par rapport au repère absolu. Un solide a 6 degrés de liberté: x,y,z coordonnées de son centre et  $O_x, O_y, O_z$  angles d'Euler.

## ASSEMBLAGE DE FORMES

Un objet est un assemblage de ces tonnes élémentaires comme les 26 lettres de l'alphabet le sont pour les mots, les phrases, un texte. Cette représentation est proche de la représentation CSG en CAO. Ainsi nous avons une représentation approchée de la forme de l'objet. Cette représentation reste très approximative pour des objets aux formes complexes comme une voiture ou pour les objets naturels.

## DIFFERENTS TYPES D'OBJETS

- objets rigides non déformables (solides)
- objets rigides déformables
- objets composés d'assemblage d'objets rigides
- objets composés d'assemblage d'objets rigides déformables...

Un modèle conceptuel géométrique d'un objet doit tenir compte en même temps de sa forme géométrique et de sa position. De plus, ce modèle conceptuel doit prendre en compte le positionnement relatif des objets les uns par rapport aux autres. C'est un aspect fondamental de notre perception et de notre appréhension de l'espace. Les objets forment un assemblage d'objets qui sont liées entre eux par des relations spatiales.

## **4. Vers un modèle conceptuel spatial = le modèle topologique**

### ASSEMBLAGE DES OBJETS

Dans ce paragraphe nous présenterons les relations spatiales entre les différents objets composant une scène. Nous avons toujours à l'esprit que cet ensemble de relations nous permettra de définir plus ou moins complètement l'objet. constitué souvent d'un assemblage d'objets. Un assemblage d'objets est un regroupement d'objets. Ils peuvent être disjoints, uniquement en contact ou liées mécaniquement. Par exemple une arche, une table, un bâtiment... Prenons l'exemple classique de l'arche dans le monde des blocs en intelligence artificielle. Il y a trois objets boîtes: 2

poteaux verticaux et 1 linteau horizontal. Ce problème de l'arche, problème d'architecture extrêmement simple, nous fait sentir toute la difficulté de la synthèse d'objets, c'est à dire de la conception.

## FORME TOPOLOGIQUE = FORME ET DEFORMATION

Nous pouvons dégager le concept de forme topologique. La partie de la topologie qui étudie la position des points, les uns par rapport aux autres sans tenir compte d'une métrique est la géométrie de situation ou analysis situs. Elle connaît aujourd'hui un grand développement avec le théorie des graphes. Notons les notions importantes de voisinage et de connexité Deux formes sont topologiquement équivalentes si elles peuvent se déduire par homéomorphisme (transformation bijective et continue ainsi que son inverse). C'est une déformation continue de la forme géométrique, une déformation à topologie constante.

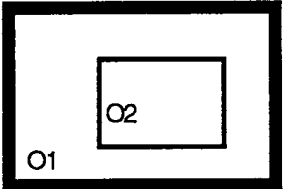
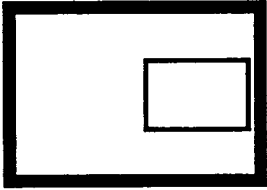

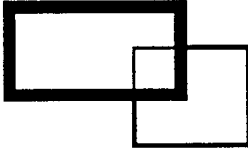
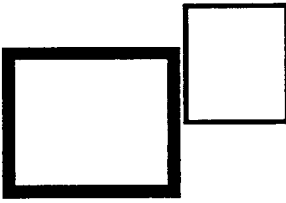

## RELATIONS SPATIALES ENTRE OBJETS (CONSTRAINTES SYMBOLIQUES)

- Relations INTERIEUR/EXTERIEUR : à\_l'intérieur, dans, à\_l'extérieur, hors, au\_centre, dans\_un\_coin, sur\_la\_périphérie, non\_recouvrement, non\_intersecte, disjoint, recouvrement\_partiel, recouvrement\_complet\_d'un\_objet\_par\_n-objets...
- Relations d'ADJACENCE (distance = 0) : calé\_sur, en\_contact, en\_contact\_sur\_une\_longueur\_de, fixé\_à, pose\_sur, lié\_avec\_liaison\_mécanique\_x\_(fixe, rotule, pivot-glissant. prismatique, plane...)
- Relations de DISTANCE: distance\_égal, distance\_max, distance\_min, près\_de, à\_coté\_de, voisin\_de, loin\_de,...
- Relations de POSITION relatives à un ou plusieurs objets: axe-parallèle, face-parallèle, perpendiculaire, même\_axe, en\_regard, en\_face, entre\_deux\_objets, au\_milieu-de\_n-objets, rien\_entre\_n-objets...
- Relations d'ORIENTATION
- LIEES A UN REPERE : au\_nord\_de, au\_sud\_de, à\_l'ouest\_de, à\_l'est\_de, en\_haut, en\_bas...
- LIEES A L'OBSERVATEUR : à\_gauche, à\_droite, devant, derrière, dessus, dessous, rien\_entre\_l'observateur\_et\_n\_objets, rien\_dans\_champ\_de\_vue...

## RELATIONS SPATIALES PLUS OU MOINS FLOUES

Nous avons dans la liste non exhaustive ci-dessus un certain nombre d'attributs spatiaux d'objets et de relations spatiales entre objets du langage naturel qui sont plus ou moins floues: par exemple "être\_à\_une\_distance\_de\_1\_mètre" est plus précis que de dire "être-près\_de". il existe dans les relations spatiales tout un éventail entre ce qui est entièrement défini (le centre de gravité G de ce solide se trouve à 10 mètres d'un point origine 0 lié à la terre dans la direction nord dont l'axe principal d'inertie fait un angle de +300 avec 00) et le flou (l'objet est loin de ce point 0). Ici ce flou peut s'exprimer par un ensemble de domaines ou intervalles sur les 6 paramètres du solide.

## LES 8 RELATIONS SPATIALES ELEMENTAIRES

CONTRAINTES SYMBOLIQUES		REPRESENTATION GRAPHIQUE	CONTRAINTES NUMERIQUES
Relation	Relation inverse		
O1 D O2 DANS	O2 D' O1 CONTIENT		$X2 > X1$ et $XM2 < XM1$ et $Y2 > Y1$ et $YM2 < YM1$
O1   O2 DANS ADJACENT	O2  ' O1 CONTIENT ADJACENT		$X2 > X1$ et $XM2 < XM1$ et $Y2 > Y1$ et $YM2 < YM1$ et $X1 = X2$ ou $Y1 = Y2$ ou $XM1 = XM2$ ou $YM1 = YM2$
O1 E O2 EGAL	O2 E O1		$X1 = X2$ et $XM1 = XM2$ et $Y1 = Y2$ et $YM1 = YM2$
O1   O2 INTERSECTE = Chevauche ou Dans ou Contient	O2   O1		$X2 < XM1$ et $X1 < XM2$ et $Y2 < YM1$ et $Y1 < YM2$ et $\max(X1, X2) < \min(XM1, XM2)$ et $\max(Y1, Y2) < \min(YM1, YM2)$
O1 A O2 ADJACENT	O2 A O1		$(X2 >= XM1$ ou $X1 >= XM2$ ou $Y2 >= YM1$ ou $Y1 >= YM2)$ et $X1 <= XM2$ et $X2 <= XM1$ et $Y1 <= YM2$ et $Y2 <= YM1$
O1 D O2 NON-INTERSECTE	O2 D O1		$(X2 >= XM1$ ou $X1 >= XM2$ ou $Y2 >= YM1$ ou $Y1 >= YM2)$

## RELATIONS DE BASE

1- ELOIGNEMENT

DISJOINT

2-PROXIMITE

NON-INTERSECTE

3-ADJACENCE

ADJACENT

4-CHEVAUCHEMENT

CHEVAUCHE

INTERSECTE

5-INCLUSION

DANS/CONTIENT/EGAL

- EGAL
- DANS/STRICT
- CONTIENT/STRICT(relation inverse)
- CHEVAUCHE
- ADJACENT
- DISJOINT {b ou b'}

Rappelons l'importance de la relation ADJACENT. Elle permet d'assurer l'existence d'une continuité entre différents objets. La relation ADJACENT favorise une certaine compacité de la composition et diminue la surface totale.

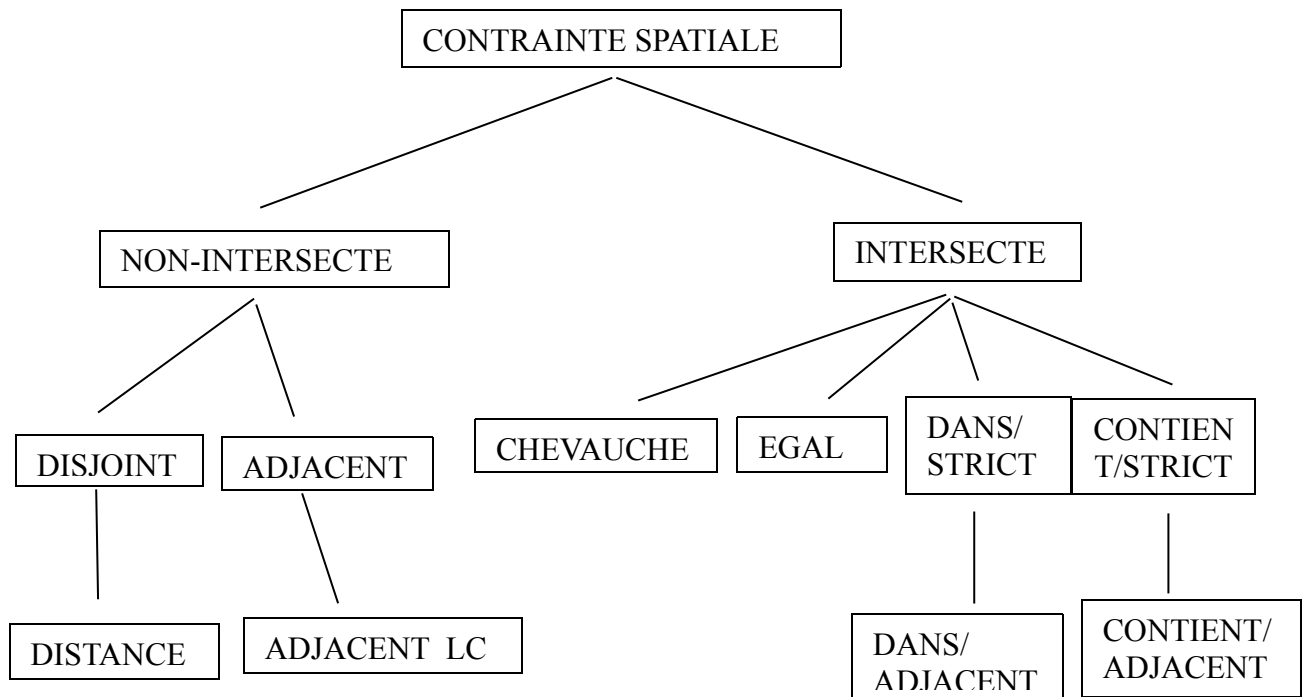
## REGROUPEMENT

On peut regrouper CHEVAUCHE, DANS/STRICT, CONTIENT/STRICT et EGAL dans la contrainte INTERSECTE.

Finalement, on travaille en conception dans l'espace R3 avec les trois relations fondamentales mutuellement exclusives:

INTERSECTE  
ADJACENT  
DISJOINT

## HIERARCHIE CONCEPTUELLE DES CONTRAINTES SPATIALES



### 5. Le modèle conceptuel

#### RELATIONS K-AIRES EN CONCEPTION

En conception, on trouve souvent des relations K-aires exprimées en général par le "ou" : par exemple, « l'objet A doit être adjacent à l'objet B ou (inclusif) à l'objet C ». Ici c'est une relation 3-aire sur les objets (contrainte de conception en architecture avec A=wc, B= cuisine et C= salle de bains). Cette proposition est inutile pour l'analyse d'une scène déjà existante; en effet, dans le monde réel, nous utiliserons seulement l'une des 3 contraintes suivantes: »"l'objet A est adjacent à l'objet B », « l'objet A est adjacent à l'objet C », « l'objet A est adjacent à l'objet B et à l'objet C ». Remarquons qu'avec le "ou" la contrainte est moins forte qu'avec le "et". Ainsi, le concepteur a plus de degré de liberté.

Nous utilisons une relation k-aire lorsque la relation entre plusieurs objets ne peut pas se décomposer uniquement en plusieurs relations binaires conjonctives. C'est le cas lorsque la décomposition en forme canonique disjonctive ne se réduit pas à un seul terme. Remarquons que cet aspect du problème est souvent occulté en intelligence artificielle où certains auteurs annoncent que leurs résultats sur un ensemble d'objets avec des relations binaires s'étendent sans difficultés sur un ensemble d'objets avec des relations K-aires. Ceci, à notre avis, est cependant plus délicat et mérite une étude plus approfondie. Lorsque les relations entre les objets sont des relations k-aires, la représentation est un hypergraphe.



## LE MODELE CONCEPTUEL HYPERGRAPHE D'OBJETS

Ce modèle conceptuel est la convergence des formalismes de représentation des connaissances orientée données issus des bases de données (modèle entité- association, modèle hiérarchique, modèle réseau, modèle relationnel), de l'intelligence artificielle (réseaux sémantiques, modèle orienté objet) et de la recherche opérationnelle (graphes, hypergraphes).

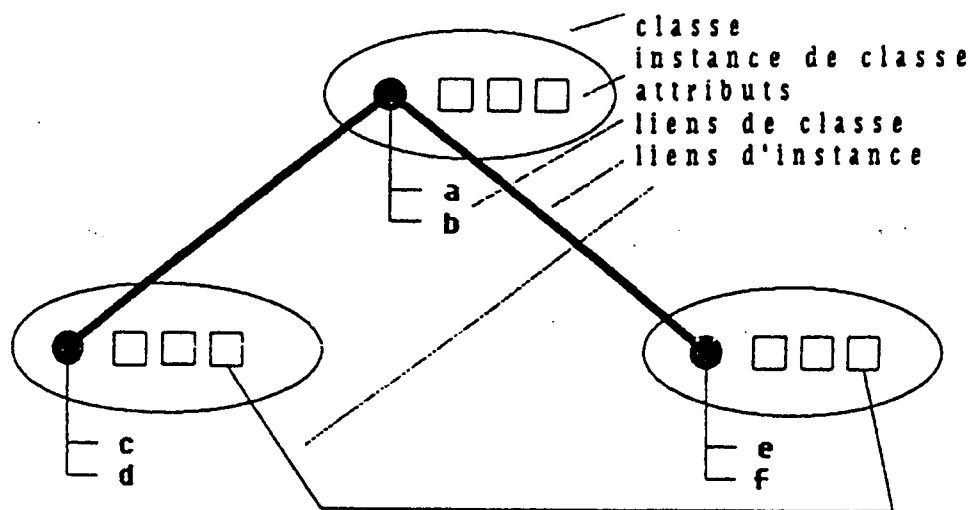
MODELE OBJET + MODELE HYPERGRAPHE = OBJETS SOUS CONTRAINTES

--> HIERARCHIE DE RESEAUX DE CONTRAINTES

Un hypergraphe représente une couche d'une représentation d'objets hiérarchisés: les classes de même niveau d'abstraction. Le niveau le plus bas est le niveau des instances des variables.

### REPRESENTATION GRAPHIQUE [LAU 89]

Une ligne fermée (un ovale) englobe la classe d'objets et les instances; un gros point noir représente cette classe, les instances sont représentées par de petits carrés; les gros traits reliant les points noirs sont les liens entre les classes (donc avec héritage), les traits fins, les liens entre les instances (sans héritage).



### MODELISATION EN HYPERGRAPHES

Nous utiliserons cette représentation par hypergraphe d'objets qui aboutit au concept de réseaux de contraintes ou plus exactement de réseaux d'objets sous contraintes. Cette hiérarchie de réseaux de contraintes correspond à la hiérarchie des contraintes par niveau, très utile en conception pour permettre de maintenir la cohérence de l'ensemble. Cette modélisation des contraintes inter et intra-objets présente un grand intérêt.

## Conclusion

Nous avons vu plus haut que le processus de conception passe de l'idée au projet par différents niveaux d'abstraction dans un ordre hétérarchique. Le saut qualitatif du niveau topologique au niveau géométrique est extrêmement important car à ce moment-là, l'objet commence à avoir un début de réalité physique, donc une représentation spatiale tridimensionnelle. Ce saut est le début de la conception physique, conception qui s'affinera au fur et à mesure de l'élaboration de conception technologique.

### FORTE DEPENDANCE DE TOUTE LA CONCEPTION AVEC LA GEOMETRIE

La forme d'un objet et de ses différents composants a presque toujours une influence très importante sur tout le processus de conception. Souvent, lorsque le concepteur arrive à ce niveau, il doit remettre en cause des choix qu'il a fait, uniquement à cause de la géométrie. En effet, la recherche de la compacité maximale pour un produit industriel (surface minimum pour un logement ou pour une "puce") confère au niveau géométrique une importance décisive dans le processus de conception. Il faut mettre un maximum d'objets dans un minimum d'espace, avoir un maximum d'espace pour un minimum de coût. Ici, l'espace est rare, d'où le problème de placement/routage (en architecture, ce problème est appelé allocation spatiale). Cet objectif de compacité permet d'avancer la proposition suivante: « toute contrainte devient alors une contrainte géométrique ».

Dans notre thèse [MAC 91], nous avons passé du modèle topologique au modèle géométrique en choisissant une forme unique: la boîte de Manhattan. Une algèbre est développée: l'algèbre de Manhattan. Les problèmes de placement deviennent combinatoires par discrétisation de l'espace. Ce sont alors des problèmes NP-complets et se heurtent à l'explosion combinatoire. Un solveur de contraintes, avec propagation de contraintes et des heuristiques sur les objets, a été écrit. La conception d'un logement de 5 pièces et d'un bâtiment combustible d'une centrale nucléaire ont servi d'exemples. Cette approche par satisfaction de contraintes spatiales permet une interactivité avec le concepteur par renforcement ou relâchement des contraintes absolues ou non-absolues.

Notre travail sur la représentation des connaissances spatiales sous forme d'algèbre de Manhattan, très intéressante pour la conception d'un bâtiment industriel, ouvre une voie méthodologique et théorique. Il convient maintenant d'élaborer une théorie plus approfondie sur les intervalles 3D (pavés), une généralisation à  $R_n$ , et de développer un générateur de formes plus complexes: les objets de Manhattan par décomposition et recombinaison de boîtes. Enfin, il est nécessaire de fonder une algèbre des formes tridimensionnelles qui permettra d'engendrer de nouvelles formes à partir d'un petit nombre de formes élémentaires en respectant le modèle topologique que l'on peut nommer de pré-forme.

## **BIBLIOGRAPHIE**

[CHA 84] CHANGEUX J.P. "L'homme neuronal", Hachette, coll. Pluriel, 1984.

[HOF 85] HOFSTADTER D., "GODEL, ESCHER, BACH, Les brins d'une guirlande éternelle", InterEditions, Paris, 1985.

[FOX 87] FOX M.S. and BA YKAN C., "An Investigation of Opportunistic Constraint Satisfaction in Space Planning", Proceedings of The International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI 87, 1987, pp.1035-1038.

[LAU 89] LAURINI R., MILLERET -RAFFORT F., "Ingénierie des connaissances spatiales, représentation, raisonnement à 2 et à 3 dimensions", Hermès, coll. techniques de pointes, Paris, 1989.

[MAC 91] MACULET R., "ARCHIPEL: Intelligence Artificielle et Conception Assistée par Ordinateur en Architecture. Représentation des connaissances spatiales (Algèbre de Manhattan) et raisonnement spatial avec contraintes", Thèse de doctorat en Informatique, Université Paris 6, décembre 1991.

[MAC 90] MACULET R., "ARCHITRAME : une maquette de système expert pour la modélisation d'un bâtiment", Actes de CONVENTION IA '90, Paris, Janvier 1990.

[MAC 90] MACULET R., BOCCON-GIBOD H. "ARCHIPEL: un système d'aide à la conception en Architecture industrielle", Actes du MICAD'90, Paris 1990.

[MON 72] MONOD J., "Le hasard et la nécessité", éd. du Seuil, 1970.

[SIM 90] SIMON H.A. "La science des systèmes, science de l'artificiel", AFCET, Paris 1990, réédition de 1969.

## ANNEXE

### COMTE-RENDU de l'exposé de Robert MACULET "De la conception topologique à la conception géométrique"

La discussion s'est déroulée tout au long de la présentation de l'exposé de Robert MACULET sur le passage d'une conception topologique à la conception géométrique dans le cadre de la conception préliminaire d'un bâtiment. On peut regrouper la discussion en 3 thèmes:

- 1- Espace d'exploration et mode d'exploration
- 2- Discussion sur les contraintes
- 3- Discussion sur l'utilisation d'outils

#### 1- Espace d'exploration et mode d'exploration

L'espace d'exploration du processus de conception proposé contient les 3 axes: FORME, FORCE, FONCTION (Voluptas, Firmitas, Commoditas).<sup>11</sup> a été proposé de lui rajouter une quatrième dimension: la forme essentielle ou *Necessitas* pour la distinguer de la forme esthétique.

Chaque dimension de cet espace est constituée par des hiérarchies qui sont explorées "de façon hétérarchique", c'est-à-dire en sautant de façon discontinue d'un nœud à l'autre des différentes hiérarchies. Ceci correspond à des changements de points de vue ou à des sauts d'un sous-problème à l'autre. Cette façon de procéder a été confirmée dans d'autres présentations.

#### 2- Discussion sur les contraintes

Un deuxième thème concernait les contraintes. Celles-ci contiennent des contraintes spatiales: "qu'il s'agisse d'une caméra vidéo ou d'une centrale nucléaire, tout devient in fine un problème de géométrie". Les contraintes sont hiérarchisées à partir d'une extension et d'une réinterprétation de l'approche d'ALLEN pour la logique temporelle. On note cependant que l'espace est anisotrope: la verticale, direction de la gravité, est perpendiculaire au plan horizontal isotrope.

Les contraintes sont utilisées dans un mécanisme de propagation discrète qui présente plusieurs problèmes: une explosion combinatoire lorsque le nombre d'objets traités augmente ( au delà d'une dizaine), une difficulté de modélisation selon les outils choisis (alors que dans certains cas une présentation adéquate permettrait une décision quasi immédiate du concepteur), la non-prise en compte des contraintes durs par rapport à des contraintes plus "molles". Une question soulevée concernait la possibilité de modéliser toutes les contraintes et en particulier les contraintes subjectives.

#### 3- Discussion sur l'utilisation d'outils

Un troisième volet de la discussion portait sur l'utilisation des outils (en particulier incluant les outils informatiques de résolution de contraintes). En plus des remarques indiquées au paragraphe précédent, on a mentionné la difficulté du choix d'un bon outil, le fait que, confronté à un problème complexe, on ne sache pas quand on utilisera ou on n'utilisera pas certains outils.

Enfin, un dernier point relevé dans la discussion sur le passage entre topologie et géométrie est la phase: "la topologie est une pré-forme".