

---

# Représentation de l'espace ouvert dans un système d'information de projet urbain

Albert Dupagne, Jacques Teller,  
LEMA•ULg (*Laboratoire d'Études Méthodologiques Architecturales*)

15, Avenue des Tilleuls, D1,  
4000, Liège (BE).  
e-mail : [dupagne@lema.ulg.ac.be](mailto:dupagne@lema.ulg.ac.be) , [teller@lema.ulg.ac.be](mailto:teller@lema.ulg.ac.be)

## Résumé

Le projet urbain et le projet de construction urbaine sont tous deux fortement liés puisque le projet urbain se réalise à travers la construction urbaine. Le projet urbain gère la forme urbaine sous ses deux aspects : la forme urbaine construite et l'espace ouvert intercalaire laissé entre les constructions. C'est dans ces creux urbains que se manifestent la majeure partie de nos activités sociales collectives. Sa gestion revêt donc une grande importance. Or les outils permettant de gérer cette réalité manquent cruellement. L'apport du LEMA•ULg sera de présenter les principaux résultats de ses travaux dans ce domaine et, en particulier, ses outils de représentation de l'espace ouvert.

## Abstract

The urban project and the urban construction project are both intimately related since the urban project is always 'realized' through urban construction projects. The urban project deals with two complementary aspects of the urban form : the urban built form and the empty spaces lying in-between the constructions. The empty spaces concentrate most of social and collective activities. Its management will thus appear of prior importance. Nevertheless the tools and representation actually dedicated to empty spaces are definitively missing. The LEMA•ULg presents its major achievements and results within this specific field, with a special attention drawn to its urban open spaces representation.

**Mots-clés :** Système d'information, projet urbain, espace ouvert, représentation

**Keywords :** Information system, urban project, open space, representation

---

## 1. Introduction

En 1992 la Direction Générale XII-B1 de la Commission Européenne a défini, dans le cadre de la COST (Co-operation in Science and Technology) un nouveau domaine de recherche intitulé UCE (Urban Civil Engineering). En dépit de ce titre assez restrictif, le domaine concerné entend bien couvrir l'ensemble des interactions

existant entre les trois principaux acteurs techniques intervenant matériellement, concrètement, sur la ville, c'est-à-dire : les architectes-urbanistes, le génie civil et les services urbains (génie urbain).

Une bonne communication entre ces acteurs techniques est, bien entendu, essentielle à la production d'un environnement urbain de qualité dans un contexte déjà fortement contraint. Elle n'est pas moins indispensable à l'acceptation des transformations par le public en général et par les usagers en particulier. Or, il n'est pas de tradition que ces intervenants du projet urbain se communiquent entre eux les informations dont ils disposent de façon efficace et volontaire. Lorsqu'elles existent, ces communications sont élémentaires, souvent conflictuelles, rarement spontanées. Cette absence d'échanges entre acteurs, ou tout au moins leur extrême modestie, constitue un sérieux goulot d'étranglement, empêchant ou gênant considérablement tout progrès important dans ce domaine. Il n'est donc pas étonnant que la DG XII-COST-UCE ait, en 1994, décidé de lancer une nouvelle action appelée COST-ACTION C4. Le titre complet de cette action est « Intégration et transfert d'Informations pour le développement d'applications en Génie-Civil-Urbain ».

Cet article est consacré à une composante particulière du génie civil urbain, à savoir l'espace ouvert, ainsi qu'à sa représentation dans un Système d'Information de Projet (SIP). Dans un premier temps, nous exposons la problématique abordée au travers d'une définition provisoire de trois notions charnières : i) l'espace ouvert urbain, ii) le projet urbain et iii) le Système d'Information de Projet. Nous présentons alors différentes représentations de l'espace ouvert ainsi que leur finalité dans le cadre du projet urbain. Enfin nous comparons deux applications récentes réalisées au LEMA•ULg, dans le domaine des Systèmes d'Information de Projet Urbain, le point de vue adopté étant bien entendu lié à la représentation de l'espace ouvert.

## **2. La problématique du projet urbain**

Une part non négligeable du travail de la COST-UCE est lié à l'élaboration de nouveaux concepts, de nouvelles notions, destinés à faciliter l'adoption et la diffusion d'une "culture commune" en matière de génie-civil-urbain. Cette culture commune est partagée par les différents protagonistes du projet ; elle constitue bien entendu une première étape indispensable avant la mise en place d'une éventuelle plate-forme d'intégration (cf. [DUPA-95] pour une description de cette plate-forme).

### **2.1. L'espace ouvert urbain**

Ainsi, dans le cadre des travaux de la COST-UCE, nous avons défini l'espace ouvert urbain (ou espace urbain) comme la forme creuse délimitée par les formes urbaines construites qui l'entourent et par le sol urbain. Cet espace géométrique a une valeur hautement symbolique. Il répond à sa logique propre qui dépend parfois de la fonction sociale qu'il accueille, parfois simplement de la mise en scène plus ou moins 'dramatique' de la cité qu'on entend y organiser. Il peut être simplement le

reliquat de l'espace qu'ont laissé les formes construites, alors il est dit résiduaire et contraint par l'architecture. Il entretient avec ses voisins (duaux) des relations de dominance/subordination qui dépendent de son statut propre et du rapport des forces culturelles, politiques ou économiques en présence. Par exemple : il peut n'avoir aucune forme géométrique reconnaissable, mais il peut aussi présenter une morphologie très précise comme les places circulaires centrées sur la statue du prince (place des Victoires à Paris) qui vont jusqu'à imposer une déformation aux façades des bâtiments qui les bordent ...

Dans la ville traditionnelle, dont la ville baroque est l'exemple le plus significatif, le continu de la forme construite combiné avec la volonté de construire l'espace urbain en tant que 'salon public commun' ont donné une grande lisibilité à la forme urbaine et une impressionnante qualité des espaces encore perceptibles de nos jours dans certains centres historiques. Depuis la Révolution du Mouvement Moderne et, en particulier le 'pronunciamento' des Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (CIAM) annonçant la libération de l'architecture, la mort de la rue et l'autonomie des bâtiments, c'est le principe même de l'espace urbain qui a été remis en cause. On sait les critiques récentes qu'a encouru ce mouvement radical et le besoin de redéfinir un nouvel espace commun qui ne serait plus l'espace traditionnel mais qui tenterait d'intégrer ses valeurs traditionnelles aux apports de la modernité. [MONG-95]

C'est dans ce courant de réflexion sur le renouveau de la ville que se situe notre travail. C'est à l'élaboration d'outils adaptés à la reconstruction des valeurs d'urbanité que s'appliquera l'essentiel de nos efforts. Ce travail s'efforcera donc d'agir simultanément sur la forme construite et sur la forme creuse de façon à mieux contrôler leurs interférences réciproques et, in fine, la qualité de l'espace urbain à tous les niveaux : visuel, climatique, sécuritaire, communicationnel etc.

## **2.2. *Le projet urbain***

Cette forme creuse, l'espace ouvert urbain, ne résulte pas, comme le peut la forme construite, d'un processus de production précis, organisé et limité dans le temps. Elle résulte, le plus souvent, de la volonté réglementaire des autorités locales qui, par des impositions et des contraintes permanentes exercées sur la forme construite, réalisent progressivement la double forme creuse-pleine voulue. C'est cette '*intention soutenue*' que nous proposons d'appeler *projet urbain*.

Défini de cette façon, le 'projet urbain' reste un concept très large puisqu'il couvre aussi bien la planification urbaine que le plan particulier d'aménagement et tous les niveaux intermédiaires, utilisant des représentations plus ou moins formalisées. Cependant, de ce concept un peu vague, nous n'avons retenu, dans le cadre de la COST-UCE, que les niveaux locaux, les plus concrets, ceux où se manifestent le plus fréquemment les interférences directes entre les divers domaines d'intervention matérielle sur la ville, c'est-à-dire l'architecture et l'urbanisme, les grands travaux

d'infrastructure du génie civil et le génie urbain.

La mise en oeuvre du projet urbain ne concerne donc pas seulement les constructions (bâtiments, ouvrages d'art et réseaux) qui le matérialisent. Elle concerne également les modifications qui interviendront forcément sur l'espace intercalaire (le creux urbain) c'est-à-dire l'espace ouvert créé par le vide existant entre les constructions et le sol.

Une des spécificités du projet urbain est qu'il ne réalise pas lui-même matériellement les intentions qu'il définit. L'accomplissement du projet urbain passe par la médiation du projet de construction urbaine sachant que ces deux processus se déroulent dans des temporalités différentes. En effet, si la construction urbaine déroule le cycle classique de sa production (programmation, avant-projet, projet, planification, construction, réception) dans un temps linéaire et fini, le projet urbain, quant à lui, se développe selon un développement temporel récursif permanent. La ville se transforme en permanence sur elle-même à travers les interventions cycliques successives de la construction urbaine, mais le sens général de cette transformation est défini par le projet urbain.

Le problème qui se pose alors est de savoir comment le projet urbain peut contraindre la construction urbaine à respecter une logique différente, voire parfois conflictuelle, de la sienne. Habituellement, ce transfert se réalise au moyen d'outils réglementaires d'application obligatoire (règlements de construction, plans d'aménagement, schéma directeurs etc.) imposant des contraintes aux constructions elles-mêmes. Ce n'est pas le point de vue adopté par le LEMA•ULg dans le développement d'outils adaptés à la gestion du projet urbain. L'originalité de notre approche consiste, d'une part, à considérer simultanément, mais séparément, les deux aspects de la forme urbaine : la forme construite et le creux urbain. D'autre part, leurs influences réciproques sont évaluées au moyen d'outils adaptés et de représentations visuelles permettant de mesurer les effets de l'une sur l'autre.

En bref, il s'agit d'assurer la cohérence des divers projets de construction urbaine avec les 'intentions' du projet urbain. L'objet du travail du LEMA consiste précisément à formaliser ces intentions au travers de *performances*, applicables à l'une ou l'autre composante de la forme urbaine. Ces performances peuvent porter sur le gisement énergétique solaire, la morphologie de l'espace ouvert, l'accessibilité des services etc. Elles ne définissent nullement la forme précise des constructions futures, mais leur effet attendu sur la qualité de la forme urbaine. L'évaluation de ces performances est basée sur des méthodes de simulation que l'on appelle *applications*.

### **2.3 Système d'Information de Projet Urbain**

En pratique, une application consiste toujours à traiter une information (la représentation) selon un certain nombre de méthodes (les procédures) afin de

produire des résultats. On la distingue donc fortement des procédures de *représentation* sur lesquelles elle agit, et qui est la manière dont est structurée, organisée, cette information.

Notre volonté de traduire les intentions du projet urbain en termes de performances, évaluées par différentes applications, exige donc d'établir une (ou plusieurs) représentation (s) de la forme urbaine respectant son caractère dual (forme pleine construite - forme creuse).

Or, il existe aujourd'hui de nombreux outils permettant de 'représenter' la forme urbaine construite (architecture banale et monumentale, équipement urbain etc.). Par contre, il n'y en a que très peu, et quasiment pas du tout, qui s'appliquent explicitement à l'analyse du creux urbain en tant qu'entité urbaine à part entière, disant d'une volumétrie 3D et de caractéristiques propres.

On saisit mieux maintenant la nécessité de mettre en place des systèmes d'information de projet réellement dédiés à ces opérations complexes.

Dans le projet urbain, l'information est abondante, multiforme (Conception Assistée par Ordinateur, Systèmes d'Information Géographique, Bases de Données Urbaines, photos aériennes, ...) et délocalisée (acteurs, administrations, compétences, ...). Mais en plus, elle doit permettre la production de la forme urbaine construite qui se réalise en cycles successifs et, simultanément, assurer la gestion de la forme urbaine creuse dans la continuité de son développement.

Deux expériences particulièrement utiles pour définir une première approche de ce domaine ont pu être menées au LEMA•ULg grâce à deux conventions de recherches fort heureusement ciblées sur les interfaces SIG/Applications-urbaines et donc particulièrement bien adaptées à cette fin : il s'agit, d'une part de CAM.UR (Commission Européenne-DG XII, programme JOULE, 1986 à 1990) et, d'autre part de SeReBa (Région Wallonne-DGATLP, 1988 à 1989). Elles ont constitué, pour le LEMA•ULg, deux étapes importantes dans la mise à jour des techniques de représentation de la forme urbaine.

1) CAM.UR (Computer Aided Management system in Urban Renewal) a conduit au développement d'un outil de gestion et d'aide à la décision à l'usage des différents intervenants du projet — collectivités locales, architectes, urbanistes, promoteurs ... — lors d'opérations de rénovation urbaine. En raison des caractéristiques propres au programme JOULE (CE - DG XII), l'accent avait été mis sur l'impact énergétique des projets de transformation proposés pour l'amélioration des bâtiments, mais cette focalisation 'opportuniste' n'avait pas de caractère définitif et l'application est toujours restée ouverte à d'autres points de vue. Par exemple la qualité visuelle des interventions projetées, avait été abordée par une visualisation conique à trois points de fuite qui apportait aux experts une représentation visuelle assez réaliste mais très simple des volumes bâtis et du sol.

CAM.UR a été appliqué à de nombreuses reprises dans la pratique professionnelle. [DUPA-91]

- 2) Les principaux objectifs de SeReBa (Système de Règlements sur le Bâti) étaient (i) de “systématiser” l’application du règlement communal sur les constructions de la ville de Liège ainsi que de l’adapter automatiquement aux circonstances locales de son application (p.ex. : profondeur de parcelle, reports de gabarit aux coins de rues etc.). Cet accès à l’information devait être mis à la disposition des maîtres d’ouvrages, des architectes et des concepteurs, afin que ceux-ci puissent connaître le plus rapidement possible les possibilités, les limitations et contraintes frappant la parcelle à bâtir dont ils disposent ou dont ils souhaitent faire l’acquisition. SeReBa devait aussi permettre aux autorités locales (ii) de procéder à des simulations permettant d’évaluer l’impact de modifications réglementaires envisagées. L’utilisation d’une conceptualisation orientée objet des entités urbaines prises en compte a eu comme principal avantage de simplifier la procédure d’adaptation des règles à appliquer.

Ces deux expériences ont bien mis en évidence la complexité de la représentation de l’espace ouvert dans un Système d’Information de Projet.

Ainsi, dans le logiciel CAM.UR, un certain nombre d’entités urbaines étaient modélisées (p.ex. : les îlots, les parcelles cadastrales, les rues, les espaces publics etc.). Toutefois, l’enveloppe de l’espace public n’avait aucune réalité tridimensionnelle dans la base de donnée. Seul le sol était pris en considération. Le volume du creux urbain apparaissait bien dans les vues 3D, mais sans que sa géométrie soit accessible.

Une caractéristique intéressante du logiciel SeReBa a été l’introduction de nouveaux concepts tels que les ‘clusters’, les ‘cluster limits’ etc. Ces concepts abstraits permettaient en fait de lier entre eux certains éléments urbains (p.ex. : les façades des bâtiments appartenant à la fois à la même rue et à des îlots différents) permettant de reconstituer des entités (p.ex. : la rue) dans leur complexité géométrique ou sémantique sans avoir à les définir explicitement. L’avantage de cette présentation était de pouvoir ‘unifier’ des règlements, à la fois sur des entités ‘rues’ ou des entités ‘îlots’ et de contrôler plus efficacement leur propagation et leurs transformation. Dans SeReBa, l’espace public avait ainsi une existence, mais cette existence ne lui accordait pas d’autre fonction que de fournir les paramètres de base permettant le calcul des contraintes réglementaires à appliquer aux bâtiments voisins.

Dans le cadre d’une nouvelle convention de recherche (POLIS, CE-DG XII-F, prgm JOR, 1996 à 1999) conclue entre le LEMA•ULg et la Commission Européenne depuis janvier 1996, la représentation de l’espace public est explicitement prise en considération.

### 3. Trois modes de représentation de l'espace ouvert urbain

Une des difficultés majeures dans la représentation de l'espace ouvert urbain tient dans le fait qu'elle est souvent intimement liée à un domaine particulier (génie civil, réglementation urbaine, ...). Par exemple, la même forme urbaine construite n'aura pas la même représentation dans une application solaire (p.ex. : rayonnement énergétique solaire d'incidence directe) et dans une séquence d'analyse paysagère. Les procédures et les représentations changent donc selon les applications concernées.

Pour illustrer ce propos, examinons rapidement trois différents modes de représentation de l'espace urbain.

#### 3.1. Les analyses perceptives - représentation discrète

Les analyses perceptives développées au LEMA•ULg se basent sur une représentation de l'espace urbain que nous qualifions de discrète. Dans ce type de représentation, l'espace ouvert est considéré comme un champ neutre parsemé d'objets physiques localisés : îlots, volumes, faces, mobilier urbain etc. Ces éléments peuvent être groupés ou isolés et les groupes peuvent éventuellement véhiculer une information particulière. Ainsi, le bâtiment est un groupe de faces qui dispose d'une logique propre et d'attributs spécifiques (masque, fonction, occupants, etc). Il s'agit de la représentation la plus couramment adoptée par les outils actuels de Conception Assistée par Ordinateur dont le modèle de données est souvent 'constructif' (voir [LECL-94] pour une analyse détaillée des différents modèles de données en CAO).

Cette représentation se caractérise par le fait qu'elle ne supporte que les relations d'appartenance. La figure 1 est un exemple très élémentaire de ce type de représentation (les flèches représentent des relations "est composé de plusieurs"). L'espace urbain est constitué d'îlot, de bâtiments et de faces. L'îlot consiste en un groupe de bâtiments, de volumes ou de faces. Le bâtiment est un groupe de volumes ou de faces. Le volume est ensemble de faces éventuellement ouvert.

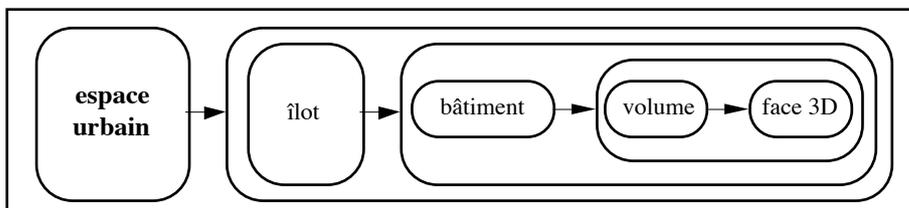


Figure 1 - Hypergraphe des relations de composition des îlots

Ce type de représentation se caractérise par les deux éléments suivants.

- 1) Tous les éléments du graphe conceptuel des entités ont une localisation spatiale, mais les contours géométriques des entités peuvent être ouverts ou fermés. Les entités ne découpent pas nécessairement l'espace de manière univoque en une

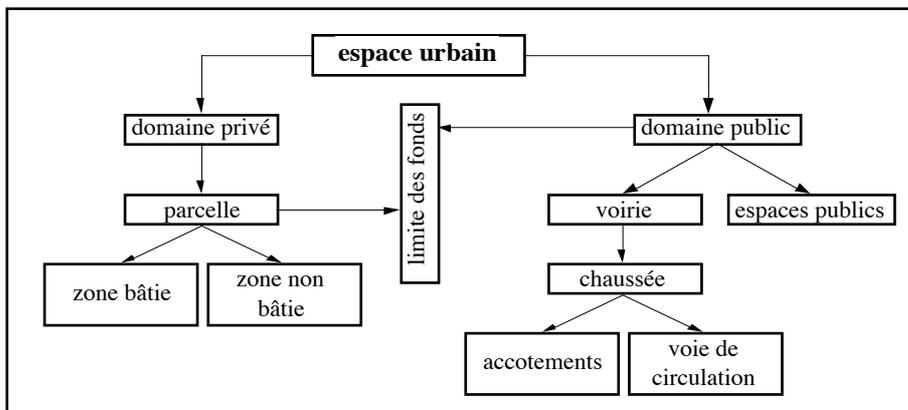
partie 'inclue' et une partie 'exclue'.

- 2) *La structure de l'information est hiérarchique.* Le graphe conceptuel des entités est sans cycle. Le partage d'information entre deux entités est bien sûr autorisé, mais il n'a pas de valeur conceptuelle. Il n'est pas nécessaire pour la cohérence de l'ensemble de la représentation.

Il existe bien entendu des relations transversales entre les différents éléments d'un modèle, mais ces relations restent implicites. Ainsi, en matière de perception urbaine, lorsque l'on modifie la hauteur d'un bâtiment, le confinement de certains points d'analyse sera altéré. Il existe donc une relation entre le bâtiment et ces points d'analyse, mais cette relation ne sera jamais explicitement formalisée dans la représentation, car ici tous les éléments sont susceptibles d'être en relation avec tous les autres. Dans la représentation discrète, la mise en relation de deux entités de même niveau se fait de manière 'indirecte' par une remise à jour de l'ensemble des entités lors de chaque modification d'une entité.

### 3.2. *L'affectation spatiale - représentation par décomposition*

Le découpage juridique de l'espace urbain est l'application la plus courante d'une décomposition de l'espace urbain. L'espace est décomposé en une partie privée et une partie publique, séparées par une entité légale, la limite des fonds (figure 2, les flèches représentent des relations 'contient un ou plusieurs'). Dans la partie privée on distingue la zone bâtie de la zone non bâtie. Dans la partie publique, on distingue l'espace réservé à la voirie de l'espace 'piétons' et ainsi de suite. Ce type de découpage découle bien sûr des politiques de zonage du territoire, appliquées à la microéchelle de l'espace urbain.



**Figure 2 - Décomposition fonctionnelle de l'espace urbain**

Ce type de représentation, par décomposition spatiale, a été adoptée par la plupart des Systèmes d'Information Géographique actuels. Elle se base sur deux types de

relations établies entre les différentes entités de l'espace, i) les relations longitudinales et ii) les relations transversales.

- 1) Relations 'longitudinales' (inclusions) : une zone inclue dans une autre hérite des propriétés de la précédente. Ainsi, en planification urbaine, la définition des règles applicables en un point dérive de la combinaison des règles issues de l'ensemble des zones dans lesquelles est inclus ce point.
- 2) Relations 'transversales' (adjacences) : le partage des frontières permet une mise en relation directe de deux éléments contigus. Dans le cadre du découpage juridique, les limites des fonds sont partagées par les parcelles et le domaine public. De cette manière, il s'établit une relation directe entre une parcelle et la voirie sur laquelle elle est située.

Ici l'espace est assimilé à un milieu continu, décomposé selon un ensemble de sous-espaces. Tous les points de l'espace sont explicitement 'qualifiés' par l'inclusion ou l'exclusion dans chacun des sous-espaces. Cette caractéristique distingue fortement ce type de représentation de la représentation discrète. Autre différence, le partage des entités-frontières (la limite des fonds par exemple) par plusieurs sous-espaces a une valeur conceptuelle (le partage d'une frontière définit une adjacence spatiale entre les deux entités).

La représentation par décomposition spatiale se définit par les deux caractéristiques suivantes.

- 1) *Toutes les entités du graphe ont un contour géométrique fermé* (qu'il soit bi- ou tri-dimensionnel). Ce contour découpe l'ensemble de l'espace en 2 parties disjointes : l'espace inclus et l'espace exclu dans l'entité. Le contour est matérialisé par une polyligne dans un espace à deux dimensions et par un volume dans un espace à trois dimensions.
- 2) *La structure de l'information n'est pas parfaitement hiérarchique*. Le graphe est généralement sans circuit, mais il pourrait comporter des cycles puisque les frontières sont des entités accessibles à partir de plusieurs chemins.

Remarquons enfin que la décomposition spatiale peut être étendue à la dimension temporelle, afin de produire des analyses dites 'pittoresques'. En effet, l'analyse de la qualité d'un espace urbain ne peut se réduire à des considérations morphologiques "statiques" telles que celles qui ont été évoquées au § 2.1. Elle est également liée à la lisibilité des principaux cheminements qui sillonnent l'espace, qu'ils soient piétons ou automobiles. Deux éléments, très nettement disjoints dans l'espace, peuvent être très "proches" dans le cours d'un cheminement.

L'analyse de cette perception "dynamique" impose de centrer la représentation autour d'une nouvelle dimension de l'espace urbain, le temps, lié au déplacement de l'observateur. L'espace-temps d'un cheminement peut lui-aussi être considéré

comme un milieu continu. Sa représentation consistera alors en une succession de séquences distinctes possédant chacune un tableau visuel.

### 3.3. L'approche réglementaire - représentation par mise en relation

Les règlements d'urbanisme se basent sur la mise en relation i) d'un bâtiment avec l'îlot qui le contient ii) de l'îlot avec les espaces ouverts (places, rues, ...) qui le bordent et iii) de l'espace ouvert avec d'autres îlots et d'autres espaces ouverts (voir figure 3, les flèches expriment des relations 'est en relation avec'). De cette manière, se réalise une mise en relation de chaque élément ponctuel (parcelle, îlot, rue) avec son environnement immédiat.

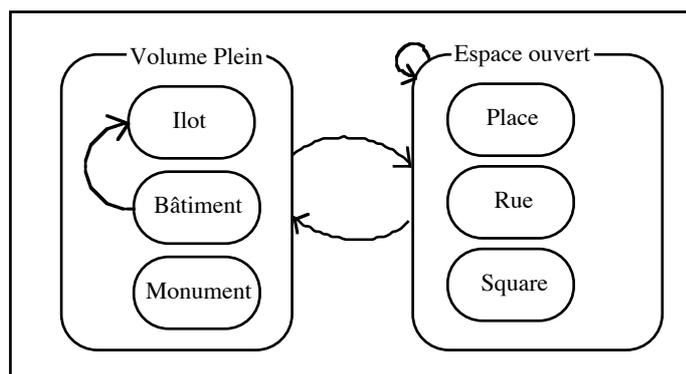


Figure 3 - Hypergraphe schématique d'un règlement d'urbanisme

Cette mise en relation permet de faciliter l'intégration d'interventions locales, comme, par exemple, la construction d'un immeuble d'habitation sur une parcelle donnée, dans un ensemble beaucoup plus vaste, au travers de son intégration dans l'élément en relation 'le plus proche', le gabarit dans le cas du bâtiment. Cette procédure permet de minimiser l'effort nécessaire pour vérifier la conformité d'une intervention ordinaire avec son environnement.

Dans ce modèle, l'espace est assimilé à une mise en relation de différentes entités. Chaque relation peut véhiculer des règles ou des informations. Dans ces représentations, la mise en relation des différentes entités est topologique. Un élément ne peut être mis en relation qu'avec quelques autres. Cette caractéristique distingue fortement cette représentation de la représentation discrète : lorsque l'on modifie une entité, on ne remet à jour que les entités avec lesquelles elle communique directement et le processus se poursuit de cette manière en cascade.

Cette représentation se distingue également du découpage spatial. i) La représentation admet d'autres types de relations que l'inclusion ou l'adjacence. Par exemple, un repère visuel lointain peut être mis en relation avec des espaces dont il est totalement disjoint. ii) La mise en relation peut répondre à des critères non-géométriques. Nous pensons, par exemple, à la mise en relation d'une parcelle avec

un gabarit autorisé. iii) L'espace n'est pas nécessairement considéré comme un milieu continu et certaines entités de la représentation, l'espace ouvert par exemple, peuvent ne pas avoir de délimitation précise.

La représentation par mise en relation se définit donc par les propriétés suivantes.

- 1) *Les entités du graphe n'ont pas nécessairement une localisation spatiale.* La représentation peut contenir des entités abstraites qui n'ont pas de localisation géométrique.
- 2) *La structure de l'information est entièrement topologique,* organisée selon un graphe qui peut comporter des cycles et des circuits.

#### **4. Le rôle d'un système d'information de projet urbain.**

Nous venons de voir que les applications utilisées dans le cadre du projet urbain peuvent être construites autour de différents types de représentations de l'espace. En pratique, la plupart des applications courantes utilisent des modèles composites, basés sur la combinaison de plusieurs modes de représentation. Ainsi, la méthode d'analyse des cheminements établie par Panerai [PANE-70] ne se limite pas à un découpage séquentiel de l'espace. Cette méthode intègre également une représentation discrète dans la mesure où certains éléments remarquables de l'espace ouvert (points de focalisation, ouvertures latérales, définitions centrales, ...) y sont identifiés en tant qu'événements ponctuels, discrets. Enfin, les différentes entités qu'il définit peuvent être mises en relation de manière explicite (mise en relation de deux événements, d'un événement et de plusieurs séquences etc.).

Les différentes représentations de l'espace urbain vont naturellement se traduire par différents modèles de données informatiques, mais il est impossible d'admettre une disjonction complète des informations et des structures. En effet, toutes ces représentations correspondent en fin de compte au même lieu physique. Une modification d'un élément dans une représentation est donc susceptible d'induire des mises à jour dans toutes les autres représentations.

Dans ce contexte, deux approches sont possibles. D'une part, on pourrait tenter de construire une 'représentation commune' à l'ensemble des utilisateurs (aspects, acteurs, applications). Mais il va sans dire que ce modèle 'exhaustif' serait très lourd à manipuler et à maintenir. Il est plus efficace de construire à la demande, à partir du système d'information de projet, des représentations adaptées issues des exigences d'emploi et des nécessités propres aux applications.

Le rôle d'un système d'information de projet urbain sera donc moins de stocker une représentation particulière de l'espace urbain, que de transformer des informations issues d'une représentation donnée afin de l'adapter aux exigences d'une autre application.

Nous nous intéresserons maintenant à deux formes de communication entre

différentes représentations : 1) la superposition des représentations et 2) le couplage des représentations.

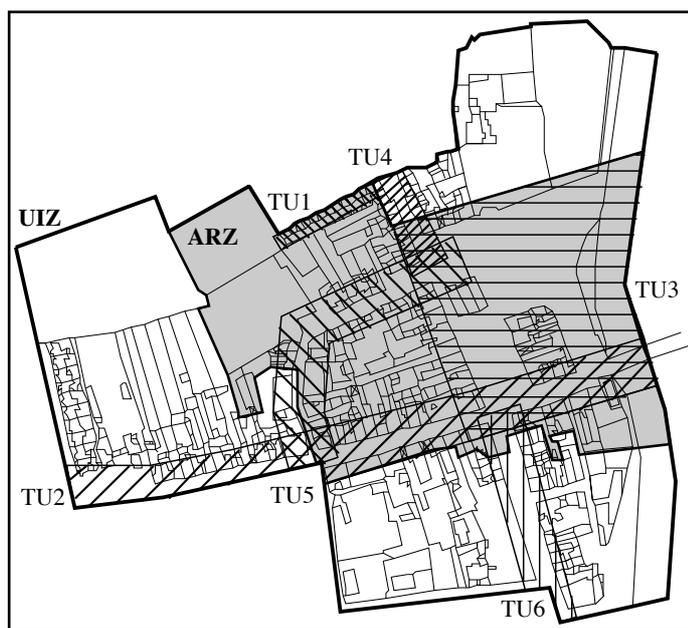
#### **4.1. CAM.UR : superposition des représentations**

CAM.UR est un système d'information de projet urbain construit autour d'une base de données relationnelle couplée à différents modules d'évaluation. Les deux principales applications intégrées au système étaient 1) l'évaluation du gisement solaire d'un lieu et la gestion des apports énergétiques dans les bâtiments (free heating, free cooling) et 2) les analyses de l'impact visuel des projets sur l'espace ouvert. Par gestion des apports énergétiques, nous entendons l'analyse micro-climatique de l'impact solaire d'une nouvelle construction sur son environnement.

Les évaluateurs extraient de la base de données les informations dont ils ont besoin et vont, en retour, enrichir le système sur base des résultats de leurs analyses. Par exemple, les évaluateurs énergétiques solaires déterminent des éclaircissements directs disponibles qui deviennent des attributs des façades. Sur base de ces éclaircissements directs, le module d'évaluation thermique des bâtiments détermine quels sont les besoins de chauffage ou de rafraîchissement et les affecte aux volumes chauffés.

Ce sont ces données que le système utilise lorsqu'il s'agit de comparer différentes propositions d'aménagement en compétition ou simplement pour comparer une situation avant et après réalisation d'un projet urbain. On voit que, dans CAM.UR, il y a auto-alimentation partielle des données 'intelligentes' du système, à savoir les données abstraites qui constituent le substrat des exploitations statistiques et cartographiques à finalité urbaine.

Dans CAM.UR, la représentation de l'espace urbain est basée sur la superposition d'un découpage spatial (UIZ, ARZ, ...) sur une représentation discrète (bâtiments, voirie, végétation, ...) de l'espace urbain. Toute entité discrète (points, faces, volumes) est indexée à un des noeuds de l'arbre de la décomposition spatiale. À l'inverse, toutes les noeuds de l'arbre ont une représentation géométrique discrète.



**Figure 4 - Découpage spatial d'un espace urbain dans CAM.UR**

Ainsi, dans le cadre de CAM.UR (figure 4), le LEMA•ULg a défini un nouveau mode de découpage de l'espace urbain, dédié à la gestion d'opérations de requalification. La zone de réhabilitation (UIZ - Urban Improvement Zone) est la zone d'interaction possible entre un projet et son environnement [DUPA-91]. Ce terme, introduit à cette époque, n'avait aucunement la prétention d'introduire un nouveau concept urbain. Il s'agissait plutôt d'un compromis pragmatique entre i) une zone trop grande s'étendant sur l'ensemble de la ville et, de ce fait, difficile à gérer techniquement et ii) une zone trop étroite excluant certaines parties de l'espace urbain directement influencées par les interventions et vice versa. L'UIZ contient une ou plusieurs zones de rénovation actives (ARZ - Active Renewal Zone). Ces ARZ sont les parties des UIZ qui vont être effectivement transformées. Son extension est directement liée aux contraintes du projet. Enfin, dans chaque UIZ, on identifie un certain nombre d'ensembles urbains (TU -Territory Unit). Les TU sont, quant à eux, des entités plus sociologiques ou géographiques que géométriques, ce sont des ensembles directement liés à la vie urbaine. Ils aident la population à mieux définir leur adhésion à des groupes limités qui partagent le même 'espace urbain' : une rue, une place, un quartier. Ces TU peuvent se recouvrir ou au contraire être disjointes dans l'UIZ. Elles peuvent également s'inclure : un îlot appartient à un quartier.

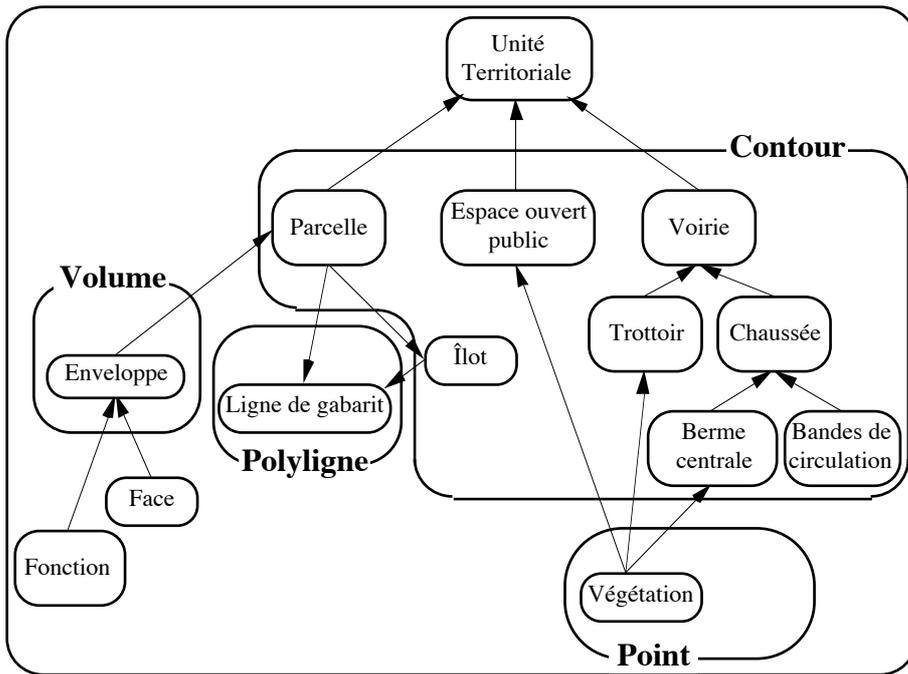


Figure 5 - HyperGraphe des Relations de CAM-UR

Cette superposition des représentations (figure 5) présente deux intérêts.

- 1) Elle permet de desservir à la fois les applications à représentation discrète (comme les analyses énergétiques ou visuelles) et les applications à représentation par décomposition (comme l'analyse des taux d'occupation du sol).
- 2) L'interface utilisateur bénéficie des avantages des deux représentations. L'utilisateur peut, par exemple, choisir de ne visualiser que les bâtiments appartenant à telle unité de territoire.

La faiblesse de cette superposition des représentations est qu'elle induit une superposition de différents concepts utilisés dans le projet urbain. Ce phénomène est bien illustré par l'ambiguïté du vocable 'Public Open Space' (espace public ouvert). En général, on distingue l'espace public, à savoir l'espace accessible par tous, de l'espace ouvert qui est l'espace compris entre les différents volumes construits.

Néanmoins, la superposition des concepts urbains induit trois types de limitations.

- 1) Dans les espaces urbains saturés caractéristiques de nos centres villes, l'espace ouvert se confond le plus souvent avec l'espace public puisque tous les espaces privés sont occupés par des bâtiments.

Mais dans d'autres types d'aménagements, la 'distance' entre l'espace public et l'espace ouvert peut être assez importante. Nous pensons par exemple aux milieux non saturés propres à l'aménagement spatial contemporain. Dans une entrée de villes par exemple, la marge entre l'alignement (limite de l'espace public) et l'emprise des bâtiments (limite de l'espace ouvert) est matérialisée par une frange spatiale de nature assez sauvage, occupée par des enseignes et des zones de stationnement. Le concept POS (Public Open Space) est inadéquat pour la gestion des formes urbaines non définies par les bâtiments.

- 2) Par ailleurs, dans CAM.UR, les façades d'un bâtiment ne sont pas reliées directement à l'espace ouvert (POS) puisqu'elles appartiennent à l'espace privé. Or, ce sont ces faces qui définissent la forme du creux central. En l'absence de cette relation il est difficile d'admettre que le POS représente vraiment l'espace ouvert. Cette lacune trouve ses origines dans les motivations de la recherche, essentiellement orientée vers les aspects énergétiques et visuels.
- 3) Toutes les entités urbaines de CAM.UR doivent avoir une délimitation 3D précise puisqu'elles se superposent sur des entités géométriques discrètes. Les caractéristiques à délimitation floue ou sans délimitation possible sont incompatibles avec ce type de représentation.

#### **4.2. *SeReBa : couplage des représentations***

L'objet de SeReBa est de systématiser l'application de la réglementation en matière

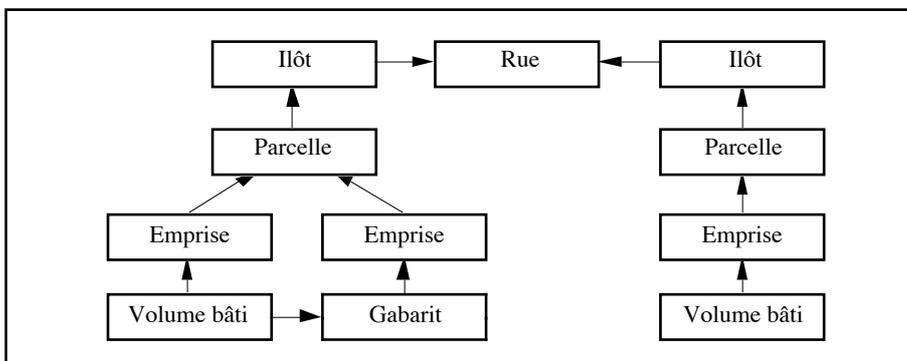
de morphologie urbaine. Un règlement sur les bâtisses définit le gabarit (le volume enveloppe) autorisé sur une parcelle en fonction de trois types de critères : 1) des critères liés à la forme de la parcelle (viabilité d'une parcelle), 2) des critères liés à l'environnement direct de la parcelle et 3) des critères globaux (dans telle zone de la ville, le gabarit autorisé va être augmenté de 2 m par exemple). Nous nous intéressons ici aux critères liés à l'environnement direct.

Dans un règlement d'urbanisme, cet environnement direct est défini par les rues avec lesquelles la parcelle est en contact (figure 6, les flèches expriment des relations 'est contraint par').

Lorsque l'on veut modifier la volumétrie d'un bâtiment, on interroge son emprise bâtie. Celle-ci est contrainte par la parcelle, elle-même contrainte par l'îlot auquel elle appartient. Chaque îlot est en relation avec les rues qui le circonscrivent. La forme du volume plein qui peut se développer dans une emprise est ainsi contrainte par des règles liées aux caractéristiques de l'espace ouvert de la rue (règle de prospect), de l'îlot (règle d'alignement) et de la parcelle (règle de recul).

En général, le gabarit autorisé sur une parcelle dépend de la largeur de la rue sur laquelle cette parcelle se trouve. Bien entendu, dans les parcelles situées à l'angle de deux rues, il peut y avoir un conflit entre deux gabarits si les deux rues ne sont pas de même largeur. Dans cette situation le règlement prévoit deux 'mécanismes' : 1) le report du gabarit le plus important sur la rue de moindre largeur et cela sur une certaine longueur et 2) des règles de composition des volumes de gabarit différents afin de gérer l'articulation entre les deux gabarits.

La validation d'une modification se propage ainsi de manière plus ou moins profonde selon l'ampleur de l'intervention.



**Figure 6** - Schéma d'un règlement d'urbanisme tiré de [LECL-94]

L'environnement local d'une parcelle est ainsi défini au travers des relations entre l'îlot bâti auquel appartient la parcelle et les rues sur lesquelles cet îlot est situé. Ces rues sont elles-mêmes en relation avec d'autres îlots et il s'établit de la sorte une

mise en relation des différentes composantes du tissu urbain (voir représentation par mise en relation). À l'heure actuelle, la mise en relation des îlots et des rues, sur base du règlement, est souvent ambiguë : soit la relation est triviale (comme dans le cas des rues rectilignes) et il n'est pas nécessaire de l'expliciter, soit elle est complexe (comme dans le cas des places sur lesquelles débouchent de nombreuses voies) et elle ne peut être aisément formulée dans un texte légal d'application générale.

Pour répondre à cette difficulté méthodologique, l'approche retenue dans SeReBa procède en deux temps.

- 1) Dans un premier temps le système utilise le réseau des voiries comme premier découpage de l'espace urbain. Sur base de ce découpage, le système compose une nouvelle représentation de l'espace par la mise en relation des clusters (volumes pleins) avec des cluster-limit (volumes creux). L'approche a consisté à utiliser un caractère complémentaire du réseau des voies et du réseau des limites d'îlots, qui sont en fait deux graphes duaux. SeReBa se base sur une représentation par mise en relation exploitant les deux approches duales suivantes : le graphe de la topologie des voies est le graphe dual des relations entre îlots et le volume creux est le volume dual des volumes pleins.
- 2) Dans un deuxième temps, il était prévu de fournir au système une représentation discrète de l'espace urbain sur base de laquelle il aurait lui-même constitué le découpage par réseau des voiries. L'application des techniques de réseaux de Voronoi permet ce type de transformation d'une description géométrique discrète de l'espace en une description topologique. Ce développement n'a pu être réalisé dans cette recherche faute de temps.

On comprend maintenant que, pour SeReBa, la gestion de la réglementation urbaine passe par le couplage d'une représentation par mise en relation et d'une représentation par décomposition spatiale, qui, elle-même, aurait dû être couplée à une représentation discrète de l'espace urbain.

Cette méthode présente à nos yeux deux intérêts majeurs.

- 1) En procédant de cette manière, le système peut utiliser un maximum de données formalisées dans les SIG ou bases de données urbaines existantes. Le caractère systématique de l'application du règlement se voit de la sorte conforté (facilités de mises à jour, d'acquisition des données, ...) et son applicabilité est généralisée à un plus grand nombre de circonstances contextuelles.
- 2) Ensuite, lorsque la représentation par mise en relation est constituée sur base d'une méthode de décomposition, elle peut être enrichie par des évaluations complémentaires. Citons, à titre d'illustration, la difficile mise en oeuvre des règles de 'prospect' qui fixent des hauteurs angulaires maximum à des éléments urbains qui sont sensés ne pas être vus d'un lieu donné. Ces règles concernent de nombreuses circonstances urbaines réglementaires. Par exemple, la protection

d'une place 'classée' dans un centre historique pourrait exiger d'interdire la construction, ou de limiter la hauteur de bâtiments modernes mais de grande hauteur, dans des lieux parfois fort éloignés et d'éviter ainsi qu'ils ne soient vus depuis la place.

Un autre exemple serait que, dans la composition d'une place ouverte, on désire imposer une symétrie ou un équilibre à des éléments spatialement disjoints (les deux églises de part et d'autre du Corso, place du Peuple à Rome, par exemple).

La représentation de SeReBa permet de mettre en relation des entités non contiguës, disjointes, afin d'autoriser certaines règles de composition nécessaires à la gestion des espaces complexes. Le couplage préserve l'autonomie de chaque représentation.

## **5. Conclusions**

Le projet urbain est un processus qui, on l'a vu, s'inscrit dans une logique de transformation continue d'un milieu construit existant. Cette caractéristique le distingue fortement de la construction urbaine. La transformation se traduit en effet par une démultiplication des facteurs susceptibles d'interagir avec le projet. Ces facteurs peuvent être extérieurs au projet, comme le rayonnement énergétique solaire ou intérieurs comme le tracé des réseaux souterrains. Particularité également importante, ces facteurs peuvent être le produit du projet urbain lui-même. En effet, comme le projet s'inscrit dans une longue durée, voire la permanence, il n'est pas rare que des décisions prises à un temps (t) de l'élaboration du projet se traduisent par des contraintes embarrassantes à un temps (t+1) de son développement.

La complexité de la réalité sur laquelle agit le projet urbain impose la mise en œuvre d'un grand nombre de méthodes et de techniques. Ces méthodes et techniques se composent de procédures qui agissent sur une représentation de l'espace urbain. Il est bien entendu qu'entre ces différentes méthodes, les procédures vont différer, mais notre analyse montre également que les représentations du même objet physique, l'espace urbain en l'occurrence, vont également varier.

Dans la première partie de l'exposé, nous avons ainsi présenté trois modes de représentation de l'espace ouvert. L'espace ouvert est défini ici comme la forme creuse dans laquelle les utilisateurs se déplacent, consomment, ... Selon les intentions de l'aménageur, cet espace ouvert sera conçu i) comme un agrégat d'objets interdépendants, ii) comme un milieu continu décomposable en différentes unités, voire iii) comme un ensemble de relations.

Un des principaux défis posé à un système d'information de projet urbain dans le cadre de la COST C4 UCE est d'améliorer la communication entre les différents domaines mobilisés dans le cadre de la conception et de la réalisation du projet urbain. Cette communication doit permettre de décloisonner les différentes politiques sectorielles et de favoriser, ou plus modestement de permettre, la

convergence de l'ensemble des interventions.

Le système d'information de projet urbain doit donc se comprendre comme un système complexe où coexistent différents types de représentations de l'espace urbain. Dans ce contexte, le rôle assigné au système d'information de projet sera triple.

- 1) Le système a bien entendu un rôle de *stockage de l'information*. Il doit permettre de constituer, enrichir, accéder et modifier une information liée au projet urbain. Un des modes de constitution de l'information sera de récupérer des informations 'générale' dans différentes bases de données existantes : systèmes d'informations géographiques, bases de données urbaines, ...
- 2) Outre cet aspect de stockage, le système a un rôle d'*adaptation de l'information* : il doit pouvoir fournir à chaque application la représentation de l'espace urbain dont elle a besoin.
- 3) Enfin, le système doit pouvoir '*transformer*' l'information issue d'une application afin de la rendre utilisable par les autres représentations.

C'est dans le contexte de la gestion de la communication entre différentes représentations que nous avons présenté deux systèmes d'information élaborés au LEMA•ULg ces dernières années. Chaque système disposait d'un mode de communication particulier. Le premier système, CAM.UR, était basé sur une superposition de deux représentations de l'espace urbain. Le deuxième système, SeReBa, était basé sur un couplage de trois représentations de l'espace urbain.

Il ressort de cette comparaison que le couplage des représentations est un mode de communication entre représentations plus efficace que la simple superposition. En effet, le couplage, à la différence de la superposition, préserve l'autonomie des différentes représentations tout en assurant leur complémentarité. De plus le couplage des représentations paraît bien adapté à une des caractéristiques essentielles du projet urbain, à savoir le caractère dual de la forme construite et de la forme creuse constitutive de l'espace ouvert. Le transfert d'une information liée aux bâtiments périphériques en attributs de l'espace creux est un mécanisme fondamental de la gestion urbaine.

Il reste que différentes caractéristiques essentielles du projet urbain ne sont pas intégrées dans aucun de ces deux systèmes. Ainsi, la composante temporelle du projet urbain est totalement ignorée. Or, elle seule permet d'analyser les différents aspects de la dynamique de l'espace creux.

Ces caractéristiques devront être développées dans le nouveau projet de recherche (POLIS, CE-DG XII-F, prgm JOR, 1996 à 1999) en cours d'étude au laboratoire.

## 6. Remerciements

Le projet de recherche CAM.UR fut un projet européen (Commission Européenne-DG XII, prgm JOULE, 1986 à 1990) pour lequel le LEMA•ULg joua le rôle de coordinateur. Il fut cofinancé par les SPPS (Services de Programmation de la Politique Scientifique), Service du Premier Ministre belge et par la Région Wallonne (DGTRE : Direction Générale des Technologies de la Science et de l'Energie).

Le projet de recherche SeReBa fut un projet régional wallon (DGATLP : Direction Générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine. La même Direction Générale Wallonne à supporté financièrement la convention 'place Saint-Lambert de Liège'.

La s.a. Parque EXPO'98-Lisboa était le commanditaire de l'étude réalisée par le LEMA•ULg sur la qualité des espaces urbains de la future exposition internationale.

Que ces institutions sans lesquelles ce travail eut été impossible voient ici l'expression de notre gratitude.

## 7. Bibliographie

- [CERG-95] LES ATELIERS D'ÉTÉ DE CERGY-PONTOISE, "L'urbanisme de dalles - Continuités et ruptures", Actes du colloque des Atelier d'été 1993, Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1995.
- [DUPA-88] DUPAGNE A., LECLERCQ P., PIROTTE D., "Système basé sur de la connaissance appliqué à la règlementation urbaine", Journées Européennes sur l'application de l'intelligence artificielle en architecture, bâtiment et génie civil, 1ère Conférence Europ-IA 88, Paris, 1988 novembre 28-29.
- [DUPA-91] DUPAGNE A., "A computer package to facilitate inhabitants' participation in urban renewal", Environment and Planning B : Planning and Design, 1991, volume 18, pages 119-134.  
DUPAGNE A., TELLER J., "Place Saint-Lambert • Promotion privée", Rapport de recherche, LEMA•ULg, Université de Liège, 1994.
- [DUPA-94b] DUPAGNE Albert, de OLIVEIRA FERNANDES Eduardo; "Urban Design and Environmental Integration : the EXPO'98-Lisboa Experiment", European Directory of Sustainable and Energy Efficient Building 1995; James & James Science Publishers Ltd, London, October 1994.
- [DUPA-95] DUPAGNE A., "EC, DG XII-B1, COST-uce, Action C4 - Information Integration and transfer for Application Development in Urban Civil Engineering (UCE)", Approches critique des applications des technologies avancées, 5ème Conférence Europ'IA 95, Europ'IA productions, Paris, 1995, pages 483-486.

- [LECL-94] LECLERCQ P., “Environnement de conception architecturale préintégré - Éléments d’une plate-forme d’assistance basée sur une représentation sémantique”, Thèse de doctorat, Université de Liège, 1994.
- [LYNC-69] LYNCH K., “L’image de la cité”, Dunod, Paris, 1969.
- [MONG-95] MONGIN O., “Vers la troisième ville”, Hachette, Paris, 1995.
- [PANE-70] PANERAI P., “Paysage urbain et analyse pittoresque”, dans “Éléments d’analyse urbaine”, Archives d’Architecture Moderne, Bruxelles, 1970.
- [SENN-90] SENNET R., “Espaces pacifiants”, Colloque de Cerisy « Prendre place - espace public et culture dramatique », éditions Recherches, Plan Urbain, Paris, 1995, pages 129-136.
- [TELL-95] TELLER J., “Deux modes de représentation de l’espace urbain : l’expérience de CAMUR et de SeReBa”, Approches critique des applications des technologies avancées, 5ème Conférence Europ’IA 95, Europ’IA productions, Paris, 1995, pages 497-510.