

# MAQUETTES NUMÉRIQUES SPATIO-TEMPORELLES D'ÉDIFICES PATRIMONIAUX : UNE APPROCHE POUR LA MODÉLISATION DE LA DIMENSION TEMPORELLE

Chiara Stefani

Laboratoire UMR 694 MAP – Gamsau  
Ecole d'architecture de Marseille 184, avenue de Luminy  
13288 MARSEILLE Cedex 09

cst@map.archi.fr

## Résumé :

Ce travail se fixe l'objectif de définir une approche pour la représentation spatio-temporelle des édifices. La problématique traitée est plutôt complexe : quand on étudie des bâtiments historiques, les informations qui concernent leurs états antérieurs sont souvent contradictoires, hétérogènes, incertaines et incomplètes. La représentation géométrique doit par conséquent faire face à la nécessité de visualiser les évolutions architecturales et de restituer les hypothèses sous forme d'un code de représentation. Sur la base de ces principes, l'implémentation informatique visera à la gestion de trois aspects : la structuration de la maquette, la notion temporelle et la gestion de l'incertitude.

**Mots clés :** modélisation spatio-temporelle, transformations d'édifices, hypothèses multiples, multi-représentation, SIG.

## Abstract :

The purpose of this work is to define an approach to space-time representation of buildings. In regard to this topic, problems are rather complex: when studying historical buildings, information related to various status over time is often contradictory, heterogeneous, uncertain and incomplete. Their geometrical representation consequently has to take into account the need to visualize the architectural evolutions and to qualify hypothesis by means of a code of representation. As a consequence of this, the aim of informatics development is to manage three aspects: the 3D model structure, the concept of time and the management of uncertainty.

**Key words :** spatio-temporal modeling, buildings transformations, multiple hypothesis, multi representation, GIS.

## 1. Introduction

Normalement on a des édifices une image statique et durable. Au contraire, ils subissent des transformations au fil du temps, parfois connues grâce aux sources conservées ou retrouvées, parfois lisibles sur leurs surfaces. Il est donc évident qu'un bâtiment conserve une richesse d'informations relatives à son état actuel et à son passé. Tant plus que toutes ces données peuvent concerner différentes échelles : à la fois le bâtiment entier ou ses vestiges, à la fois quelques décors ou des fragments. Quelle que soit l'histoire d'un édifice, dans le domaine du patrimoine architectural, on envisage de plus en plus d'exploiter des maquettes numériques comme outil de description et de raisonnement (BLAISE *et al.* 2001 : 1-11).

### 1.1. Le contexte

Comme la problématique concernant la restitution des édifices à partir des sources est très complexe, la palette d'étude sera réduite à l'échelle de l'édifice. On prendra en compte deux terrains d'expérimentation conduits au sein du laboratoire Map – Gamsau (Programme 3D-MONUMENT<sup>1</sup>) : la Cour d'Honneur de la Sorbonne à Paris et Château Comtal de Carcassonne. Ces deux lieux, si riches et divers par leur histoire, permettront d'une part d'illustrer les différentes dimensions de changements qu'un édifice peut subir, d'autre part, de valider ou de critiquer une approche unique de restitution.

L'histoire de ces deux complexes d'édifices est marquée par plusieurs grandes périodes (Fig.1 et 2) : dans la Cour de la Sorbonne, trois états (l'état Sorbon, l'état Richelieu et l'état actuel) se sont déroulés en 400 ans

<sup>1</sup> Pour plus d'information, [on-line], <<http://www.map.archi.fr/3D-monuments/>>, consulté le 15/09/2007.

(PILLORGET 1987 : 43) et (GREARD 1893 : 406), en revanche à Château Comtal<sup>2</sup> huit grands états se sont succédés en 800 ans environ (CHAILLOU 2005). Les informations dont l'on dispose sur ces deux ensembles architecturaux sont quasiment les mêmes : elles comprennent une variété de sources historiques (gravures, textes, plans, photographies historiques), une documentation vectorielle (plans, coupes de faces, vues de faces), et un nuage de points de l'état issu d'un balayage laser 3D.

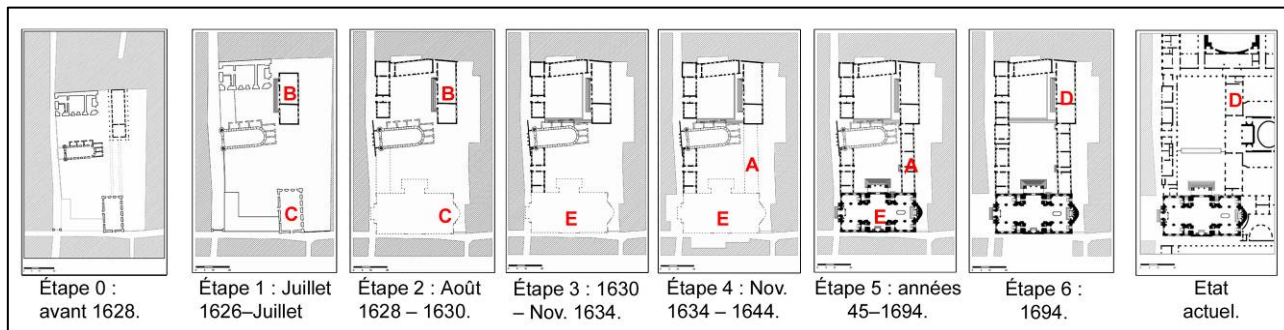


Figure 1. Les étapes de la Cour d'Honneur de la Sorbonne.

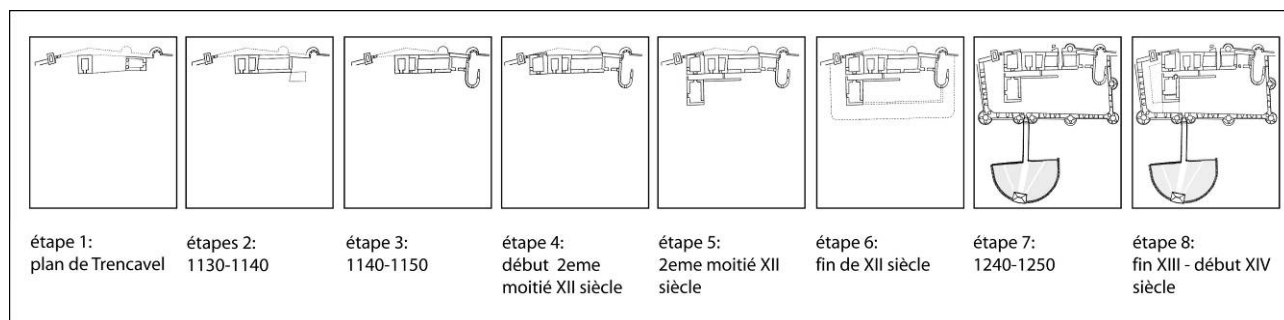


Figure 2. Croquis de Trencavel des étapes de Château Comtal de Carcassonne.

### 1.2. Les objectifs

L'exploitation des outils numériques en architecture du patrimoine a permis une « révolution » de la méthode d'acquisition, de sauvegarde et de diffusion des informations. D'ailleurs un public très varié a exprimé des exigences hétérogènes : acquérir et archiver de façon ponctuelle les données, manipuler et sélectionner les informations par thèmes différents suivant l'intérêt de l'utilisateur, visualiser les informations parfois rapidement, parfois de façon intuitive ou encore de manière détaillée. Ce qui reste intact est le but d'une documentation efficace : ne pas rajouter de fausses informations, ni d'en oublier d'autres, ni d'en modifier la signification.

Pour tirer des informations si précises autant qu'intuitives, on envisage de stocker les informations dans une base de données et d'interroger le système. L'intérêt est de visualiser les bâtiments à la fois à travers des informations visuelles abstraites (à l'aide d'un codage opportunément choisi), à la fois à travers la maquette dans ces nombreuses représentations : filaire, neutre, texturée ou en transparence.

### 1.3 La problématique

Dans le but d'envisager ce type d'exploitation, différents problèmes doivent par contre être posés. Quand on étudie des bâtiments historiques, les informations qui concernent ses états antérieurs sont souvent contradictoires, hétérogènes, incertaines et incomplètes. Ces informations sont en effet principalement extraites à partir de l'interprétation de sources documentaires. D'une manière générale, plus on remonte dans le temps, moins les documents sont précis et donc plus les hypothèses de restitution deviennent multiples et parfois très éloignées.

<sup>2</sup> Organisation des villes du patrimoine mondial, <<http://www.ovpm.org/fr/france/carcassonne>>, consulté le 15/09/2007.

## 2. Présentation de l'approche : conception générale et implémentation

### 2.1 Approche générale

L'objectif de ce travail est de définir une approche de modélisation capable de gérer la représentation géométrique de l'édifice tout au long de son histoire. Pour atteindre cet objectif, il faut d'une part, structurer la description de l'édifice par rapport à une lecture sémantique du bâti, et d'autre part être capable de gérer cette structuration en fonction du temps.

En ce qui concerne la dimension spatiale, ce travail se situe en continuité avec un travail de Thèse développé au sein du laboratoire MAP (DE LUCA 2002 et 2006). En ce qui concerne l'aspect temporel, il s'agit de définir une méthode de description temporelle adaptée à décrire les transformations des édifices et à prendre en compte leurs changements (qui peuvent être plus ou moins bien définis et de plus ou moins grandes amplitudes).

### 2.2 Présentation de l'environnement de développement informatique

Dans l'intérêt d'enrichir les contenus d'un lieu historique et d'améliorer les méthodes de son analyse, on a mis au point une implémentation informatique qui doit fournir une consultation plus facile des données. L'implémentation informatique vise à la gestion de trois aspects fondamentaux : la structuration de la maquette, la notion temporelle, la modélisation de l'incertitude. On envisage de répondre aux questions suivantes : quel est le critère adapté à la décomposition de la maquette ? Quelle notation graphique est adaptée à représenter les évolutions temporelles et à les manipuler ? Quel codage de l'incertitude et des manques peut-on établir pour faciliter la compréhension des événements autour des bâtiments ?

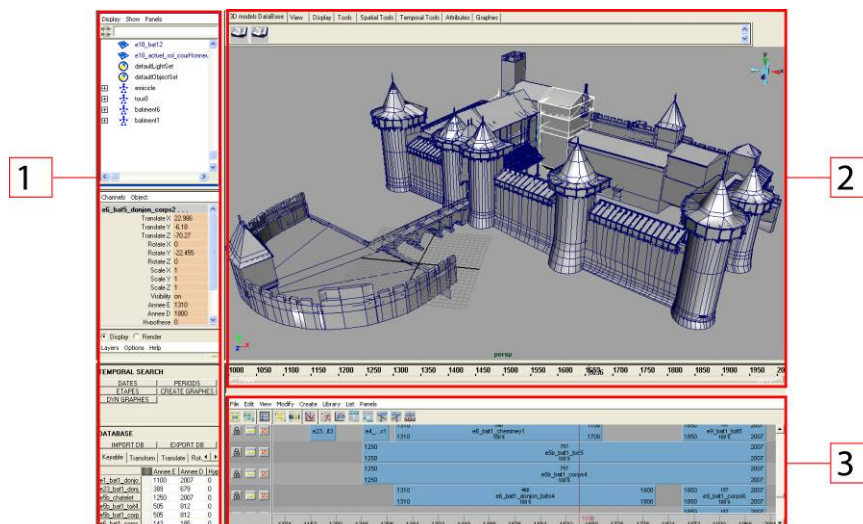


Figure 3. L'interface du système : 1) Création des objets et des attributs ; 2) visualisation et manipulation des restitutions ; 3) diagrammes temporels.

Notre outil est créé à l'aide des dispositifs de programmation appartenants à Maya, un logiciel conçu pour la modélisation 3D. Une grande partie de ce logiciel (et donc de son interface) est programmée en Mel<sup>3</sup>, le reste en C++. De façon générale, le langage Mel permet d'avoir accès à la création d'interfaces (création de fenêtres, de boutons...) et à toutes les fonctions du logiciel.

Les données de cet outil, notamment les éléments architecturaux, sont stockés directement dans Maya : à l'aide d'une interface graphique personnalisée, une série de scripts permet d'afficher les objets, de manipuler les requêtes spatio-temporelles et de visualiser les entités dans l'espace.

Sur la base des principes exposés auparavant, l'interface est répartie en trois modules divers (Fig. 3) : le premier gère l'acquisition des données temporelles et la formulation de requêtes temporelles ; le deuxième permet de visualiser les transformations à l'aide de diagrammes ; le dernier offre une restitution de la maquette 3D suite aux requêtes exécutées.

Dans les chapitres suivants une description détaillée de la problématique, de l'approche et de l'implémentation pour chaque aspect permettra de comprendre les difficultés aperçues pendant notre étude et les résultats envisagés.

3 MEL : Maya Embedded Language - Langage interprété incorporé à Maya.

### 3. La description structurée de l'édifice

#### 3.1 La problématique

La description des bâtiments est toujours un des aspects le plus important sur lequel on doit réfléchir. Car les bâtiments sont des entités complexes, constitués de nombreux éléments fonctionnels, chacun ayant ses caractéristiques spécifiques, son matériel propre et son usage. La complexité de l'édifice rend nécessaire l'utilisation d'un modèle de description qui permet finalement de transformer des informations génériques d'un bâtiment en données structurées et pertinentes.

#### 3.2 L'approche

De ce fait, pour passer du concept d'un édifice à sa représentation géométrique au fil du temps, il faut prévoir trois phases : établir les classes de composantes d'un édifice par rapport à un point de vue, faire une décomposition morphologique, créer des relations entre les concepts à travers les graphes<sup>4</sup> en prenant en compte l'aspect temporel (DE LUCA 2006). La Fig. 4a montre le *modèle de description* dans le contexte d'un ensemble patrimonial. Dans cette arborescence, les données sont hiérarchisées selon 4 niveaux :

- la *classe*, c'est-à-dire l'ensemble patrimonial,
- les *groupes* représentant les édifices et leur composantes majeures (sol, mur, baies, toit, etc...),
- les *entités*, des sous-catégories dépendant de la composante majeure d'appartenance,
- les *repères*, les éléments composant l'entité.

Autour du groupe sont rassemblées toutes les entités qui ont fait partie, font partie ou feront partie de l'édifice.

Ainsi, la maquette sera répartie en entités temporelles appropriées. Toutefois, elles pourront être à tout moment modifiées (divisées, amplifiées, substituées) dans la base de données : il suffira de rajouter l'élément nouveau et de modifier la forme de l'élément qui subi la variation (Fig. 4b). Ce modèle est valable pour toutes les dimensions de transformations : celles concernant le niveau des édifices (comme dans la Sorbonne) et celles concernant les composantes fonctionnelles : toit, mur, fenêtre, porte, etc. (comme à Carcassonne).

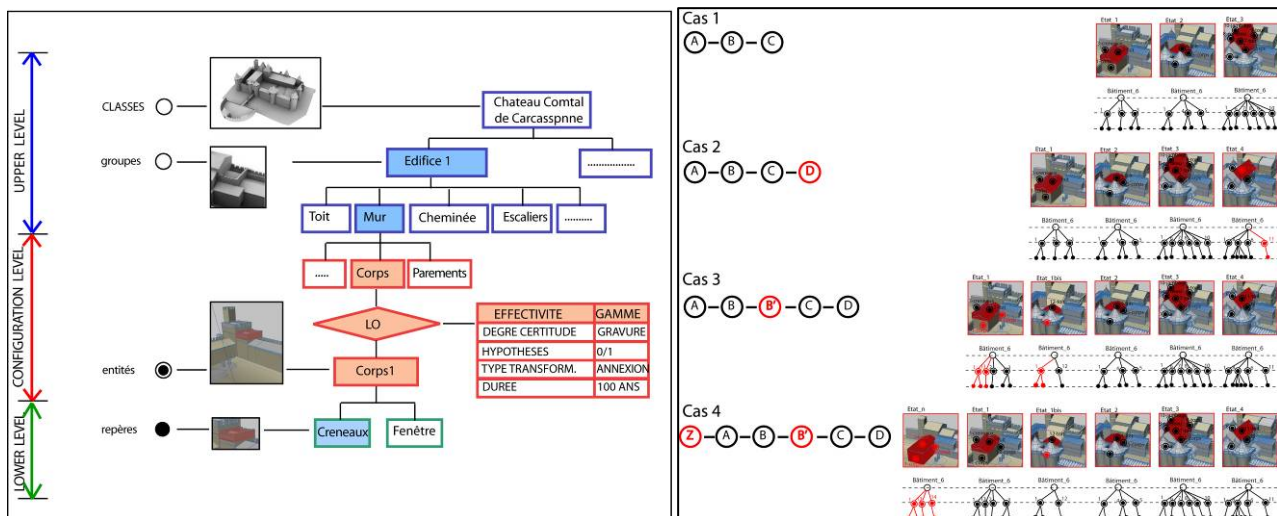


Figure 4. a) Le modèle de description de l'ensemble patrimonial, b) Insertion de nouvelles entités dans la base de données suite à une improvisée découverte d'un état nouveau (en rouge).

#### 3.3 L'implémentation

Sur la base de cette proposition, l'interface doit permettre plusieurs tâches : visualiser tous les attributs par objet sélectionné, et importer/exporter les attributs temporels à partir de/vers un fichier en format .txt. Ces fonctions permettent de créer des attributs indiqués, de récupérer des bases de données existantes ou d'exploiter les nouvelles données dans d'autres systèmes, notamment dans une base MySQL pour l'affichage sur le web (DE LUCA 2006).

<sup>4</sup> Ces graphes permettent d'ajouter une couche sémantique à la restitution de la morphologie du bâtiment. La description de l'édifice est conduite sur trois niveaux distincts : sémantique, structurel et de la représentation. Les liens relationnels entre les éléments et les sous-éléments sont visualisés à travers les symboles O, ⊙, ●.

#### 4. La modélisation temporelle

##### 4.1 La problématique

En général, on a l'habitude de penser aux événements qui sont objets de l'analyse comme à des entités statiques et détachées les unes des autres. En revanche, pouvoir les analyser même dans leur contexte temporel permet souvent de tirer des conclusions inattendues. De ce fait, il devient nécessaire de prendre en compte la notion temporelle qui gouverne les événements et leurs transformations. Cette notion implique deux réflexions.

- *Les types de transformations des édifices.* Les deux cas d'étude ont subi de nombreuses transformations dans le temps (Fig. 1, 2) : construction, démolition, reconstruction, union et division. Un bâtiment peut même être déplacé physiquement ailleurs (BLAISE et al., 2004), être divisé en plusieurs parties ayant des fonctions et propriétaires différents ou changer de fonction dans son intégralité. Château Comtal de Carcassonne en donne un exemple. Entre la fin du XII<sup>ème</sup> siècle et le milieu du XIV<sup>ème</sup>, le donjon a été transformé en habitation (Fig. 5 a,b) : la transformation a concerné tout particulièrement les créneaux de la tour qui a été obturée et élevée pour accueillir le futur toit de l'édifice.



Figure 5. Changement de fonction dans un bâtiment à Carcassonne : le donjon a été transformé en habitation: a) fin du XII<sup>ème</sup> siècle ; b) milieu du XIV<sup>ème</sup> siècle.

- *La durée des transformations.* Les transformations concernant ces deux lieux ont une certaine durée, selon les types d'événements qui les ont produits. Une démolition peut être faite dans l'arc temporel de quelques journées (changement presque instantané); en revanche, la durée du chantier d'un bâtiment est plus importante et occupe parfois des années, voir des décennies (Fig. 1).

##### 4.2 La formalisation de Renolen

Une méthode de description adaptée à représenter les bâtiments est celle des graphes historiques de Renolen (RENOLEN 1997 A) et (RENOLEN 1997 B), car ces graphes permettent de contrôler les événements (création, annexion ou superfétation, démolition, division, reconstruction) à des états temporels établis.

Cette méthode étant à l'origine conçue pour le SIG, les évolutions concernent des aires. Etant donnée que dans un cadastre existe une frontière fixe, l'aire totale pour postulat sera toujours constante. Cependant dans notre domaine on visualise des volumes : par rapport à la formalisation de Renolen (Fig. 6A,C,D,E), nous insérons alors l'opération de démolition partielle (Fig. 6B), car si l'aire globale d'un domaine ne change pas, le volume d'un édifice érigé sur une surface peut subir des modifications au cours de son histoire, comme l'enlèvement et le rajout de matière. L'avantage de ce modèle vectoriel est que la durée de vie de chaque entité et ses relations temporelles sont visibles immédiatement, comme résulte dans la Fig. 6.

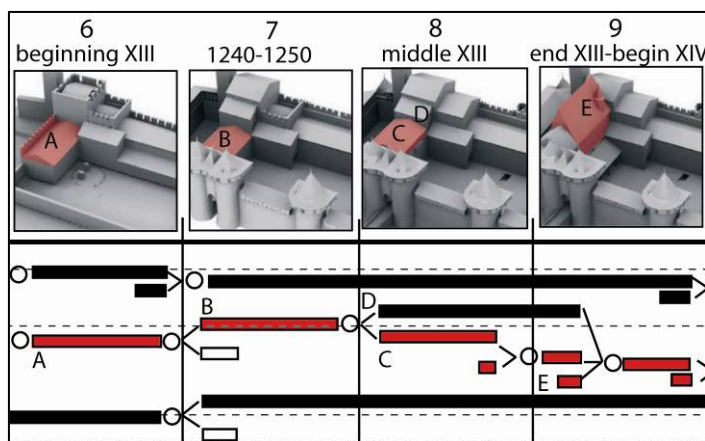


Figure 6. Changements représentables à travers les graphes dynamiques : A) création d'un édifice, B) démolition partielle, C) amplification, (D) démolition et E) reconstruction.

### 4.3 L'implémentation

Dans le but de manipuler une maquette qui puisse représenter à la fois l'état actuel et les états historiques, ce module de l'interface, à l'aide de scripts Mel, permet de :

- créer/modifier/effacer des *attributs temporels*. Ils contiennent, pour chaque objet, les dates d'édification et de démolition. Ces attributs seront fondamentaux pour pouvoir afficher les entités temporelles existantes, construites, ou détruites dans l'année ou pendant la période choisie par l'utilisateur.
- formuler des requêtes temporelles par rapport à une date ou une période et afficher les entités temporelles suite à la requête.
- manipuler les états temporels dans une barre du temps, visualiser l'évolution subie par les édifices tout au long de leur histoire, et exporter ensuite l'animation.

Par la suite, un deuxième module de l'interface gère l'implémentation de la notation graphique (Fig. 3). Elle se développe en deux phases : la première est entièrement traitée dans Maya, la deuxième sur le web.

1) *visualisation des entités temporelles dans Maya*. Dans ce logiciel de modélisation 3D, il existe un outil (Trax editor) qui permet de manipuler les séquences d'animations en modalité non linéaire. Il sert à visualiser l'état d'un événement dans le temps correspondant à la durée de l'animation. On a développé un script en langage Mel qui permet de visualiser à travers des diagrammes toutes les entités temporelles constituant un ou plusieurs édifices et leur durée de vie. Des informations sur la création, la démolition et la durée de l'élément sont affichées. L'avantage de cet outil en cours d'implémentation est que l'on peut directement changer les attributs temporels (début, fin, durée) dans son menu de façon très intuitive. Cependant, l'intérêt majeur de ces diagrammes est de servir comme complément graphique à la 3D : déplacer, réduire, agrandir dynamiquement les diagrammes sont les actions envisageables pour modifier les données de la base.

2) *visualisation des entités temporelles sur le web*. Les diagrammes décrits auparavant se réduisent à une valeur booléenne (Vrai/Faux) qui affiche seulement l'état d'existence et de fin d'une entité. En revanche, le système de notation de Renolen est plus complexe : il s'agira de croiser les informations temporelles de chaque entité avec des notions topologiques (l'appartenance spatiale d'une entité à un édifice). Les graphes représenteront tous les types de changements, inclus l'annexion, la division et la division partielle pour chaque édifice sélectionné à l'aide d'une barre du temps.

## 5. La multi représentation d'hypothèses

Une fois l'entité définie par rapport à sa durée de vie, sa position dans l'espace et ses mesures métriques, il ne reste plus qu'à lui relier les informations documentaires. Elles seront traduites à l'aide des restitutions : la représentation d'un édifice sera différente s'il s'agit d'un édifice certain ou d'une hypothèse. De plus, les hypothèses amenées par plusieurs historiens seront distinguables entre elles. La maquette numérique deviendra donc l'outil de description pour faciliter la compréhension des documents (BLAISE *et al.* 2001 : 1).

### 5.1 La problématique

Relier les sources à une restitution adéquate de l'objet architectonique implique plusieurs réflexions :

- *Les manques d'informations*. Les sources offrent souvent des informations incomplètes, contradictoires, hétérogènes, incertaines. Elles ont un degré de certitude, un niveau métrique et une qualité qui conditionnent fortement la représentation. Parfois il est difficile d'interpréter les transformations que les édifices ont subies (Fig. 7).
- *Les hypothèses de restitution*. L'imprécision et la manque d'informations amènent souvent les historiens à la formulation d'hypothèses de restitutions parfois très éloignées entre elles, comme pour la Sorbonne et Carcassonne.
- *La diversité des sources*. Un grand nombre de sources très différentes interagissent entre elles et avec la représentation. La maquette doit permettre de les interroger et de les gérer selon plusieurs points de vue et thèmes pour en faciliter la compréhension.

### 5.2 Les types de représentations

La reconstruction des édifices à tous états s'appuie sur les sources dont on dispose. Leur représentation est fortement conditionnée par les aspects suivants :

1) *Origine de la représentation.* Quand on a des informations métriques très précises, comme dans le cas du scanner laser, on peut tirer la représentation directement d'une source. D'autres fois on dispose de plans historiques ou de dessins à une échelle adaptée pour en faire une restitution. Bien qu'on n'a pas souvent ces informations, on peut le restituer grâce aux types architectoniques décrits dans les célèbres traités d'architecture (fig. 7a) ou car la connaissance de la morphologie des éléments permet de combler ces manques (fig. 7 b, c) (STEFANI 2006).

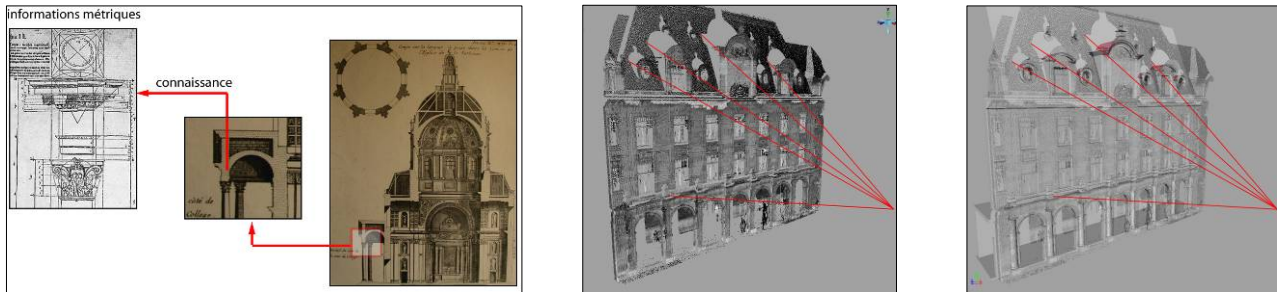


Figure 7. Représentation déduite par connaissance : (a) le processus d'extraction des informations métriques à partir d'un type architectonique, (b) zones d'ombre sur le nuage de points ; (c) superposition de la maquette construite à partir du nuage de points et surfaces reconstruites sur la base de la déduction.

2) *La qualité du processus numérique d'acquisition de l'information.* L'état des informations sur un bâtiment est certainement lié à la qualité du processus d'acquisition de l'information qui peut être très sommaire comme très précis. Pour guider facilement la compréhension de la maquette, les éléments incertains doivent être représentés graphiquement par une symbolique opportune (BLAISE DUDEK 2003) et (SPENCE 2001).

### 5.3 L'implémentation actuelle

Dans le but de restituer les évolutions d'un lieu, les technologies disponibles pourront apporter des réelles plus-values à son analyse. Dans ce cadre, la multi-représentation joue un rôle clé pour la compréhension du patrimoine historique. Cette notion étant très vaste, il faut fixer les objectifs. L'implémentation informatique vise à :

- structurer automatiquement des calques différents pour les entités conceptuellement diverses. Pour manipuler les objets plus facilement, seront séparés les hypothèses (hypothèse 1, hypothèse n...) et les édifices certains.
- visualiser les hypothèses à l'aide d'un codage approprié. Les hypothèses amenées par les différents historiens seront traitées en couleurs diverses et en transparence pour rappeler que l'élément est incertain.
- représenter les états temporels par nuances de couleurs (STEFANI 2006). Cette action doit pouvoir être accomplie sur l'ensemble patrimonial comme sur un seul bâtiment, selon nécessité et intérêt (Fig. 8 a,b).
- visualiser pour chaque élément un texte décrivant le nom identifiant et/ou l'hypothèse d'appartenance.

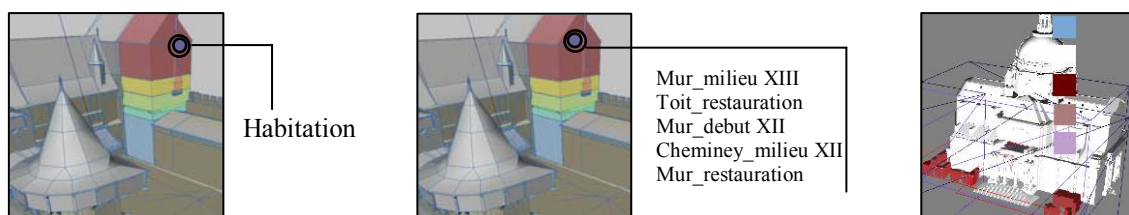


Figure 8. a) visualisation des étapes temporelles par édifice, b) par composantes, c) visualisation des hypothèses par couleurs.

## 6. Conclusions et perspectives

1) *Les liaisons entre la morphologie et la documentation.* Finalement, les restitutions tridimensionnelles élaborées peuvent être intégrées à l'intérieur d'un système d'informations à l'échelle architecturale consultable sur Internet. Cela permet de relier un jeu d'informations hétérogènes directement à la représentation 3D de l'édifice. L'intérêt de ce système est de pouvoir modifier les restitutions et les visualiser en temps réel : au fur et à mesure que les informations sur les édifices augmentent (si par exemple on découvre de nouvelles sources), l'on pourra mettre à jour dans la base de données seulement les restitutions de la maquette concernées.

2) *La liaison entre la multi-représentation et la notion temporelle.* Pour avoir un système qui puisse basculer entre état passé et état actuel, hypothèses et type de sources, il faudra établir le lien entre les graphes de relation (qui structurent les éléments architectoniques dans l'espace) et les entités temporelles contenant les attributs adaptés à la formulation des requêtes. Cette structure permettra de construire des représentations qui correspondent à des points de

vue spécifiques, pendant toutes les étapes historiques de l'édifice. De ce fait, ce système s'ouvre sur des perspectives de multi-représentations : une entité restera conceptuellement la même mais pourra avoir des représentations diverses.

3) *Une symbolique appropriée pour les incertitudes.* La maquette devra être capable de traduire un niveau de fiabilité (ou d'incertitude) relatif au type de source documentaire utilisée pour la restitution (photographie, dessin technique, croquis, etc.) et relatif à la qualité du processus numérique d'acquisition de l'information.

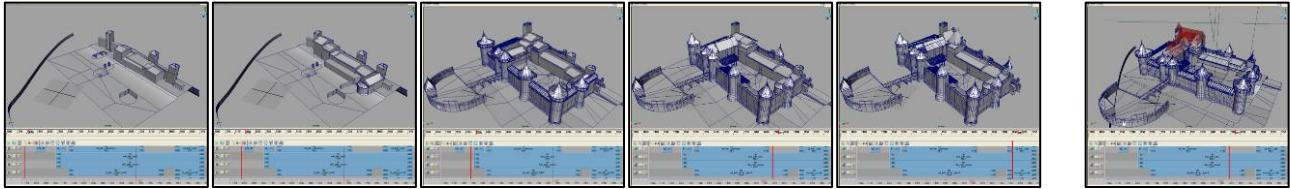


Figura 9. a-e) Restitution des étapes historiques de Carcassonne ; f) visualisation des hypothèses en transparence (rouge).

## Bibliographie

BLAISE ET AL. 2001

Blaise J.Y. et al., - Multi-représentation dans un système d'informations sur le patrimoine architectural et urbain pour le réseau Internet, *activité de recherche Map-Gamsau*, 1-11.

BLAISE DUDEK 2003

Blaise J.Y., Dudek I., - New experimentation of a generic framework for architectural heritage data visualization, *Journal of WSCG*, Vol.11, No.1, Czech Republic, pp.1-8.

BLAISE ET AL. 2004

Blaise J.Y., De Domenico F., De Luca L., Dudek I., - Acquisition de données vs gestion de connaissances patrimoniales : le cas des vestiges du théâtre antique d'Arles, *ACTES de EGC - Clermont Ferrand*.

CHAILLOU 2005

CHAILLOU M., - Les étapes de construction du Château Comtal de Carcassonne : essai de synthèse critique, Rapport du travail UMR MAP 2005.

GREARD 1893

Gréard O., - *Nos adieux à la vieille Sorbonne*, Paris, p. 406.

DE LUCA 2002

De Luca L., DEA MCAO, - Proposition d'une approche pour l'introduction des connaissances architecturales dans la chaîne : relevé-modélisation-représentation.

DE LUCA 2006

De Luca L., Thèse de doctorat de l'ENSAM, - *Relevé et multi-représentation du patrimoine architectural : définition d'une approche de reconstruction 3D d'édifices*, 31 mars 2006.

MACRHOWSKI 1906

Macrhowski J., - *Dawny Ratusa Krakowski*, RK Vol. XVII, Krakov.

PELEKIS ET AL., 2004

Pelekis N. et al., - Literature Review of Spatio-Temporal Database Models, *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 19, Issue 03, pp 235-274.

PILLORGET 1987

Pillorget R., - Richelieu, rénovateur de la Sorbonne, dans *Richelieu et la culture*, Actes du colloque international tenu à la Sorbonne en novembre 1985, Paris, 43-54.

RENOLEN 1997 A

Renolen A., - Conceptual Modeling and Spatiotemporal Information Systems: How to Model the Real World, *ScanGIS'97*, Trondheim, June 1 – 3. pp. 1-22.

RENOLEN 1997 B

Renolen A., - Modeling Spatiotemporal Information: The Spatiotemporal Object Model, Trondheim, Norway, 1-22.

SPENCE, 2001

Spence R., - *Information\_visualisation*, Editions ACM Press / Addison-Wesley.

STEFANI 2006

Stefani C., - Modélisation spatio-temporelle d'édifices patrimoniaux. Proposition d'une approche pour la prise en compte de la dimension temporelle dans l'analyse de la cour d'Honneur de la Sorbonne à Paris, *MIA Journal*, Vol 0 n°2, p.101-106.