

**Louis Saint-Pierre,  
Pierre Côté  
et Patrick Hébert**

## **Outils de visualisation du projet architectural dans le contexte de l'atelier**

Lors de la réalisation d'un projet en milieu urbain, l'architecte (concepteur) dispose généralement d'une banque d'images photographiques du site. Cette banque d'images se compose à la fois de photographies qu'il réalise lui-même (photographies architecturales) et d'images saisies à différentes époques (archives). De ces représentations, il extrait toutes sortes de renseignements, pertinents non seulement à la présentation du projet, mais également à la compréhension du contexte ainsi qu'à la conception architecturale. Ces renseignements sont de nature diverse ; ils peuvent par exemple porter sur l'historique du bâti, du milieu et des habitants, sur l'utilisation du site, sur l'éclairage, ou encore sur des conditions climatiques variant d'une saison à l'autre. Les images dont il s'entoure lui servent de référence au site tout au long de la conception du projet. La banque d'images devient d'autant plus nécessaire quand le site lui est peu accessible.

L'utilisation de la photographie en architecture ne se limite toutefois pas à la visualisation pendant la phase préliminaire de conception du projet. Au contraire, les développements des dernières années relativement aux technologies d'acquisition et de traitement numérique de l'image, l'intérêt porté au développement de systèmes de rendus à base d'images, de même que l'ensemble des recherches en vision par ordinateur (*computer vision*) ont donné naissance à une quantité d'applications liées à la représentation architecturale<sup>1</sup>. Par rapport aux systèmes classiques de modélisation tridimensionnelle, elles permettent de limiter le fastidieux travail de relevé et de modélisation du site tout en obtenant une qualité de rendu photoréaliste. L'image photographique peut également être utilisée en guise de toile de fond pour présenter le projet architectural à un public utilisateur<sup>2</sup>.

L'intérêt de développer et d'utiliser de tels systèmes est considérable puisque ceux-ci favorisent le réalisme de la représentation visuelle, ce qui constitue un des objectifs fondamentaux en simulation architecturale<sup>3</sup>. En effet, nombre de recherches confirment le postulat selon lequel le réalisme visuel permet d'assurer une meilleure perception d'un espace<sup>4</sup>. Dans un

contexte de présentation publique, en raison de l'importance de la simulation au moment de la prise de décision visant à modifier un paysage urbain, il est particulièrement important d'obtenir un degré de réalisme élevé. De la même façon, la diversité des points de vue ainsi que le déplacement dans l'espace contribuent à une meilleure perception de la composition de la scène présentée<sup>5</sup>. Dans le but de constituer notre représentation de l'espace, il devient par conséquent souhaitable de développer des systèmes de représentation qui combinent l'utilisation de données photographiques à la capacité de se déplacer de façon dynamique à l'intérieur de celui-ci.

Notre article présente les utilisations de la photographie numérique en architecture, dans le cadre d'une collaboration entre les étudiants diplômés et un atelier de conception architecturale du niveau baccalauréat à l'École d'architecture de l'Université Laval. Nous présentons tout d'abord les outils de simulation et de visualisation développés et utilisés dans le cadre de l'atelier. Nous concluons en brossant un tableau des utilisations potentielles de la photographie en architecture et en présentant nos différentes perspectives de développement à long terme.

### **Le contexte de l'atelier**

Dans le domaine de la vision par ordinateur, l'objectif fondamental consiste, à partir d'une (ou plusieurs) image(s) d'entrée, d'extraire de l'information à propos des propriétés géométriques, physiques, ou encore topologiques des objets qui composent la scène. C'est dans cet esprit que nous avons abordé l'atelier, nos préoccupations étant de cerner dans quelle mesure l'information véhiculée par un ensemble d'images peut nous amener à améliorer nos représentations de l'espace architectural ou urbain.

Ainsi, nous avons préconisé une approche menant à la production de représentations à la fois tridimensionnelles, bidimensionnelles et hybrides. Par représentation tridimensionnelle, nous entendons l'ensemble des modèles obtenus par la construction géométrique des éléments de l'espace à l'aide d'un logiciel

*Louis Saint-Pierre est candidat au doctorat à l'École d'architecture de l'Université Laval et œuvre au sein du Laboratoire de recherche sur l'identité par modélisation architecturale (LIMA).  
Patrick Hébert est professeur au Département de génie électrique et informatique de l'Université Laval. Il est chercheur au sein du Laboratoire de vision et systèmes numériques (LVSN) dans le domaine de la vision artificielle, plus particulièrement dans les systèmes de capture et de modélisation 3D.*

Ill. 1. Le panorama interactif.  
(www.apple.com)



de modélisation (modèleur 3D). Les représentations bidimensionnelles englobent l'ensemble des images, autant photographiques que de synthèse, tandis que les modèles hybrides sont générés par la combinaison d'un modèle 3D de l'espace et d'une série d'images.

Dans le but de limiter le temps consacré à la création des modèles et puisque la majorité des étudiants étaient peu familiers avec les opérations (informatiques) de manipulation d'images, notre stratégie a été de réaliser nous-mêmes les opérations très spécialisées ainsi que celles qui demandaient une certaine part de recherche. Par la suite, nous avons transmis ces connaissances par le biais de présentations orales ainsi que sous forme de protocoles de réalisation. Notre objectif était de susciter l'intérêt des étudiants en leur donnant une formation de base et de compléter celle-ci quand ils montraient un intérêt particulier envers l'une ou l'autre des techniques présentées. De cette manière, nous étions également en mesure d'identifier les types de représentation privilégiés en fonction de l'état d'avancement du projet.

### La banque d'images

Tel qu'abordé en introduction, nous avons au départ en main une banque de photographies historiques du site provenant des archives de la ville de Québec. À celle-ci, se sont ajoutées toute une série de photographies réalisées par les étudiants, soit à la suite de consignes précises relatives au déroulement de l'atelier, lesquelles seront expliquées plus tard, ou encore simplement dans le but de visualiser le contexte du projet. Nous sommes également retournés ponctuellement sur le site pour combler certains besoins bien précis, notamment pour la création de photographies panoramiques.

Les photographies historiques ont permis aux étudiants de visualiser les transformations du site au fil des années. C'est d'ailleurs à partir de ces photographies ainsi que de plans et documents écrits provenant des archives, qu'ils ont été amenés à construire un modèle tridimensionnel représentant l'état du quartier en 1930. C'est également par la manipulation de ces photographies qu'ils ont pu améliorer leur compréhension du site non seulement au point de vue morphologique, mais également au point de vue historique.

C'est donc dans l'optique de compléter ces représentations statiques du site que nous avons ensuite généré des représentations photographiques dynamiques, par l'entremise de panoramas interactifs. Ces derniers sont des représentations photographiques cylindriques créées à partir d'un ensemble de photographies couvrant 360 degrés autour d'un point (ill. 1).

Celles-ci sont par la suite juxtaposées à l'aide d'un logiciel d'assemblage spécialisé<sup>6</sup>. Finalement, au moment de la visualisation, l'observateur est libre de regarder dans la direction désirée par un simple mouvement de rotation horizontale qu'il effectue à son propre rythme et selon son gré. Le principal intérêt de cette technologie est qu'elle permet de visionner rapidement et facilement l'ensemble du site à partir d'un point ; cela favorise une meilleure compréhension de l'espace. Ces représentations bidimensionnelles comportent l'avantage d'être relativement légères, ce qui en facilite l'accessibilité sur Internet. Nous avons généré nous-mêmes les panoramas puisque cette étape exige une certaine expérience tant pour photographier le site que pour réaliser l'assemblage des images. Par la suite, nous avons communiqué aux étudiants l'ensemble des fichiers et des protocoles de réalisation relatifs à la création et à l'utilisation des panoramas. Nous verrons plus tard que ces panoramas ont également servi de toile de fond pour créer des représentations photographiques interactives illustrant les projets proposés insérés en contexte.

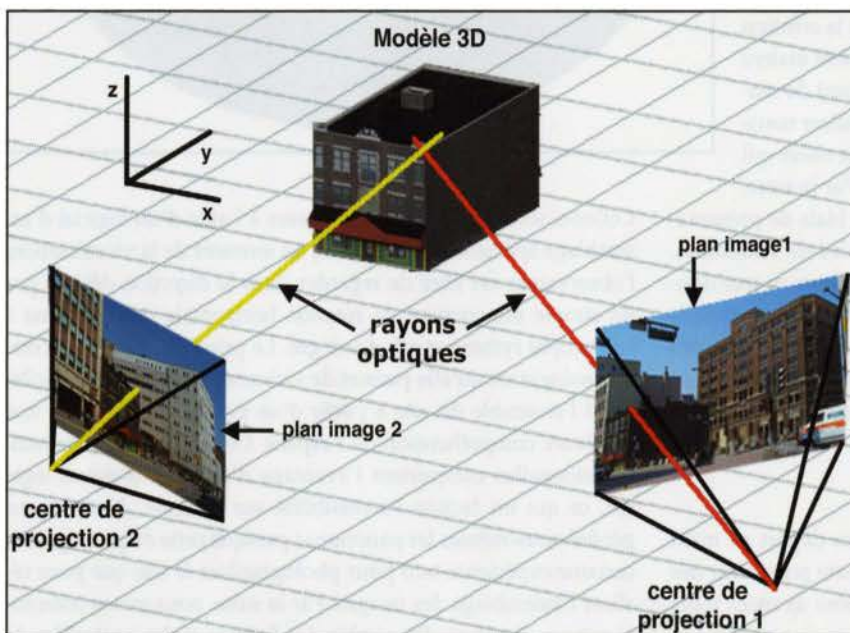
Les images ont été, dans un premier temps, utilisées à des fins de visualisation. Elles ont servi abondamment pour illustrer le journal Internet produit par chacune des équipes. Ce journal constituait un document visuel auquel ils se référaient tout au long du projet et leur permettait de conserver un suivi de leurs activités. De plus, lors des présentations (critiques), les étudiants ont utilisé abondamment les photographies pour expliquer le contexte du projet.

### L'image et le développement d'un modèle tridimensionnel

Le second usage de la photographie numérique dans le cadre de cet atelier se rapportait à la création de notre représentation tridimensionnelle du site. Nous disposions d'un modèle tridimensionnel du quartier extrait de la maquette numérique de la ville de Québec. Le niveau de détail de celui-ci se limitait toutefois à la volumétrie globale des bâtiments ainsi qu'aux terrains, aux



III. 2. Correction des images. L'autobus et l'écrêteau se trouvant en avant-plan ont été enlevés et les fuyantes verticales ont été redressées.



III. 3. Principes de photogrammétrie.

rues et aux trottoirs. L'approche retenue, afin de produire un modèle relativement « léger » de l'ensemble du site, a été de représenter la composition des façades des bâtiments par un simple placage de texture. Cette approche est fréquemment utilisée dans la création de modèles urbains<sup>7</sup>. Elle vise à réduire de façon significative le temps de modélisation ainsi que le nombre de polygones nécessaires à la génération du cadre bâti, tout en obtenant un degré de réalisme élevé. Ainsi, de façon générale, chacune des façades des bâtiments est représentée géométriquement par un polygone sur lequel est appliquée une seule texture ; la photographie de cette façade.

Les images doivent toutefois être rectifiées avant d'être placées (ill. 2). Dans un premier temps, il est nécessaire de corriger les effets de perspectives pour que l'image obtenue corresponde à la forme originale (réelle) de la façade. Par la suite, il faut effacer tous les éléments qui se trouvent en avant-plan (véhicules, arbres, mobilier urbain, etc.). Un relevé photographique complet de chacune des façades a donc été réalisé dès le départ afin de produire ces textures. Il est à noter que le traitement d'image qui

précède leur placage sur les modèles tridimensionnels est proportionnel à la complexité de la scène. C'est la raison pour laquelle cette étape s'est avérée relativement longue dans notre cas. Par souci de réduire ce travail, le relevé a été effectué sous un ciel couvert afin de limiter les ombres portées sur les façades. La formulation de ces consignes, relatives à la prise des photographies et au pré-traitement nécessaires en vue de la production de ces textures, a d'ailleurs constitué notre première intervention dans le cadre de l'atelier.

Dans le cas où nous n'aurions pas disposé du modèle tridimensionnel de base du site, il aurait été possible de reconstruire celui-ci à partir de nos photographies de référence, ce qui correspond à un usage de la photogrammétrie en architecture. Ce domaine a d'ailleurs fait l'objet de quelques recherches au cours des dernières années<sup>8</sup>. Plusieurs logiciels<sup>9</sup> comportent désormais les fonctions nécessaires à la réalisation de cette opération, dont le principe sous-jacent est celui

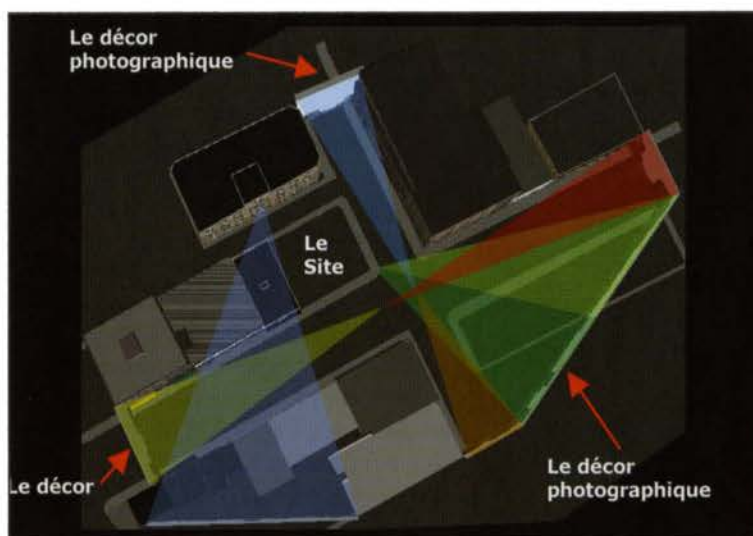
de la vision (ill. 3). Chacun des points 3D du modèle est déduit par triangulation à partir de l'intersection de l'ensemble des rayons optiques qui passent par les centres de projection des caméras et traversant chacune des images où le point d'intérêt du modèle est observé. Le modèle complet ou partiel de la scène peut ainsi être reconstruit. Les textures associées aux différents polygones leur sont attribuées à partir de la photographie sur laquelle la projection du polygone se rapproche le plus de sa forme réelle. Les corrections dues aux effets de perspective sont quant à elles apportées automatiquement.

### L'incrustation d'images de synthèse dans l'image photographique

C'est par une procédure photographique inverse que ces mêmes applications permettent de déduire les paramètres intrinsèques et extrinsèques des caméras utilisées pour photographier le site. Les paramètres intrinsèques font référence aux caractéristiques internes de la caméra, par exemple la longueur focale, la taille et l'échelle des pixels. Ils sont obtenus par une opération de calibrage qui est réalisée (de façon très simplifiée) à partir de la



III. 4. Incrustation d'un modèle de synthèse.



III. 5. Plan du site illustrant le décor photographique.

photographie d'un objet (cible) dont la géométrie est connue<sup>10</sup>. Les paramètres extrinsèques, quant à eux, sont obtenus selon les mêmes principes de vision, à partir des images saisies sur le site. Ils font référence à la position et à l'orientation des caméras dans l'espace.

La connaissance de ces paramètres est très utile quand on désire incruster des images de synthèse du modèle 3D du projet dans les images photographiques correspondantes et ainsi visualiser le projet architectural intégré à son contexte (ill. 4). Elle permet de placer la caméra du logiciel de rendu dans notre modèle 3D de la même façon qu'elle avait été positionnée sur le site lors de la prise d'une photographie.

Pour bien assurer le réalisme du résultat, il est nécessaire de reproduire à l'intérieur du modèle les conditions d'éclairage qui prévalaient sur le site lors de la prise des photographies. Les logiciels de rendu comportent les fonctions nécessaires à la création et à la manipulation des sources lumineuses virtuelles nécessaires à cette opération. L'image de synthèse est finalement

rendue et incrustée dans l'image photographique correspondante à l'aide d'un logiciel de traitement d'image.

Dans un premier temps, nous avons réalisé les opérations de calibrage de caméra. Nous avons ainsi obtenu les paramètres de celle-ci et transmis aux étudiants un protocole de réalisation couvrant l'ensemble des étapes décrites ci-haut. Le protocole expliquait tout d'abord l'incrustation d'images de synthèse d'un projet dans une image panoramique en vue de la production d'un panorama interactif et, par la suite, l'incrustation des images de synthèse dans n'importe quelle image photographique. Ces techniques nous ont permis d'obtenir rapidement une intégration au site tout en conservant des fichiers légers puisqu'il s'agit encore une fois de représentations bidimensionnelles. Ce type de représentation est particulièrement efficace lors de la présentation du projet architectural à un public non spécialisé ou encore à un auditoire peu familier avec le site du projet.

### Représenter et visualiser « le reste du monde »

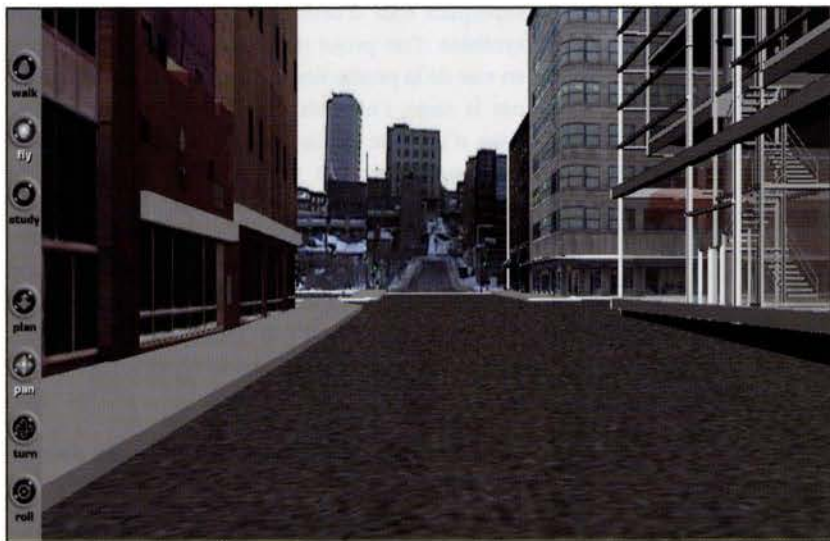
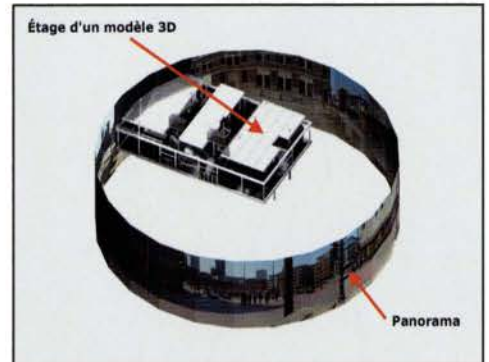
Nous avons souligné en introduction la pertinence d'être en mesure de se déplacer dans l'espace en ce qui concerne la compréhension de la scène. Bien que l'incrustation d'images de synthèse assure un degré de réalisme élevé, nous ne disposons toujours pas d'un outil de visualisation comblant nos visées en termes à la fois d'interaction et de réalisme visuel. Il persiste effectivement encore aujourd'hui une distinction fondamentale entre les outils de rendu à base d'images, conçus en fonction du réalisme visuel, et les modèles tridimensionnels qui offrent un potentiel de déplacement de type temps réel<sup>11</sup>.

Nous avons d'ailleurs constaté cette notion pendant les présentations, en observant l'utilisation des techniques enseignées aux étudiants. En effet, quand ils désirent se référer au site, pour le présenter ou pour illustrer l'ambiance qui y règne, les étudiants choisissent d'utiliser les photographies. Cela s'explique par le fait que celles-ci rendent bien les éléments difficiles à représenter par la modélisation, soit l'imperfection des matériaux, l'appropriation des lieux par les habitants, etc. C'est toutefois l'inverse qui se produit lors de la présentation de projets architecturaux. Ces derniers étant créés sous la forme d'un modèle 3D de synthèse, les étudiants privilégiaient les outils de visualisa-

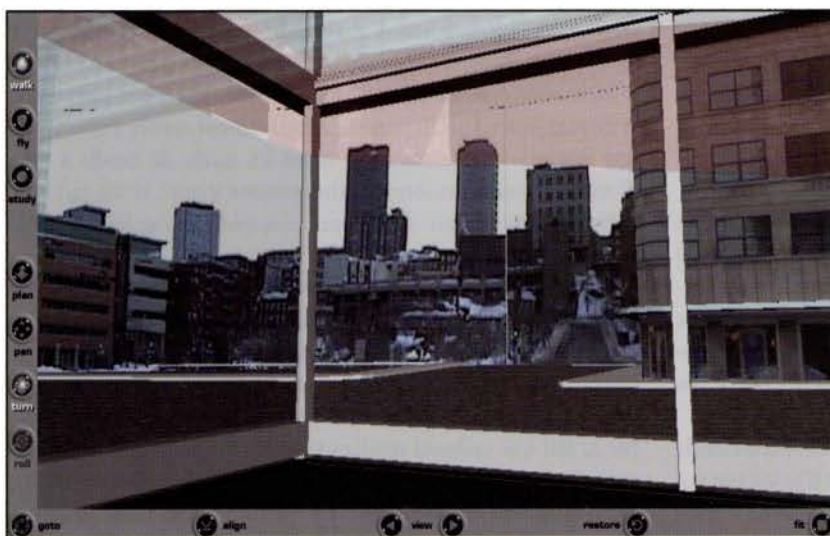


III. 6. Illustration d'un projet sans le contexte de la Haute-Ville.

III. 9. Combinaison  
Modèle 3D-  
Panorama.



III. 7. Illustration d'un projet avec le contexte de la Haute-Ville.



III. 8. Vue du parc et de la Haute-Ville à partir du site.

tion qui ne nécessitent pas d'étape supplémentaire d'intégration au contexte. Cela s'est fait au détriment de ce que nous convenons d'appeler le « réalisme contextuel ». Par exemple, dans plusieurs cas, les rendus intérieurs des modèles 3D excluent le contexte extérieur même s'il aurait normalement dû apparaître en raison de surfaces transparentes. Cependant, dans l'environnement extérieur complexe qui était à l'étude, modéliser la totalité des éléments visibles à partir du site représente une tâche virtuellement sans limite. C'est pourquoi le modèle comprend uniquement les bâtiments qui sont les voisins immédiats du site choisi. La représentation photographique possède l'avantage de ne pas dépendre d'un modèle de la scène. La composition de l'image est plutôt définie par l'ensemble des éléments visibles à partir d'un point de vue (*Plenoptic function*)<sup>12</sup>.

C'est donc dans un tel contexte que nous avons élaboré différents scénarios qui visaient à augmenter le réalisme visuel de nos modèles VRML<sup>13</sup>. Le parti retenu a été de compléter la géométrie de l'environnement 3D par la création de « décors » photographiques. Ainsi, afin de couvrir les zones manquantes, nous avons une fois de plus utilisé des polygones sur lesquels nous avons plaqué des photographies. L'illustration 5 présente d'ailleurs, par les triangles, la position de ces polygones de même que les emplacements à partir desquels ont été prises les photographies utilisées pour générer leurs textures. Dans le cas présenté, ces zones problématiques se situaient dans l'axe de la

rue de la Couronne, du boulevard Charest, ainsi que sur toute la section du parc et de la Haute-Ville (ill. 6, 7 et 8). Nous

considérons qu'il était particulièrement important de représenter ces derniers espaces, puisque la perspective sur le parc (Espace Saint-Roch) et la Haute-Ville à l'arrière plan constituent un des principaux attraits du site concerné.

Toujours selon le même principe, nous avons imaginé une solution qui consiste à utiliser le modèle tridimensionnel dans la zone à l'intérieur de laquelle nous souhaitons que l'observateur puisse se déplacer et d'y combiner une représentation panoramique cylindrique dont le centre coïncide avec celui de la zone de déplacement (ill. 9).

Dans un cas comme dans l'autre, ces astuces, très simples, nous ont permis d'obtenir rapidement une meilleure qualité de représentation tout en limitant au minimum la modélisation nécessaire. Ainsi, nous obtenions des fichiers de petite taille par rapport à la quantité d'éléments représentés dans la scène. Au moment de la visualisation, l'illusion créée est relativement efficace quand l'avatar de l'observateur se situe près de l'emplacement d'où les images ont été prises. Toutefois, les distorsions et les incohérences deviennent assez prononcées quand l'observateur s'éloigne de ce point d'origine.

## Conclusions

C'est au départ la volonté d'augmenter le réalisme visuel de nos représentations, dans le contexte de la simulation du projet architectural, qui nous a conduits à étudier l'utilisation de la photographie en architecture. Les principes de la formation de l'image photographique étant si près de ceux qui sont à la base de notre propre vision, il est tout naturel qu'il en soit ainsi. L'image photographique, c'est toutefois bien plus qu'une simple projection bidimensionnelle de l'environnement qui nous entoure. Il s'agit en fait d'une source importante d'information qui mène à la construction de représentations parfois physiques, mentales et informatiques de cet environnement. À ce titre, nos travaux nous portent à considérer chacune des images comme étant porteuse d'une partie de l'information nécessaire à la composition de représentations complètes de l'espace. Dans cet esprit, les travaux effectués dans le cadre du présent atelier nous ont permis d'étudier l'usage de la photographie sous quatre angles différents, lesquels correspondent aux usages suivants :

- Disposer d'information visuelle portant sur le site du projet (ex : utilisation et évolution du site).
- Construire, à des fins de visualisation, des représentations bidimensionnelles dynamiques et interactives du site (par exemple les panoramas interactifs) favorisant une meilleure compréhension de l'espace.

- Reconstruire des modèles tridimensionnels du site et en extraire les textures de manière à obtenir une maquette numérique tridimensionnelle photoréaliste.

- Extraire l'information nécessaire à la composition de représentations hybrides (2D-3D) illustrant un modèle tridimensionnel du projet architectural intégré à son contexte.

Nous considérons pour le moment deux pistes de recherche pour donner suite aux travaux effectués dans le cadre de cet atelier. La première vise à continuer à augmenter le réalisme de nos représentations tridimensionnelles. Ainsi, il serait souhaitable que l'image plaquée sur chacun des polygones des modèles tridimensionnels change en fonction de la position de l'observateur, dans le même esprit que le *View dependent texture mapping* présenté par Debevec et al.<sup>14</sup>. Une telle approche permet de générer la texture d'un bâtiment à partir d'une série de photographies de celui-ci. La texture n'est pas appliquée une seule fois sur un polygone comme c'est le cas présentement, mais est plutôt générée par interpolation entre les images de référence qui se rapprochent le plus de la position de l'observateur. Cela vise notamment à simuler la troisième dimension des éléments secondaires qui composent une façade ainsi que les effets de réflexion et de transparence.

Enfin, notre second objectif consiste à améliorer l'utilisation de la banque de photographies historiques dont nous disposons. Pour le moment elle s'est limitée à la création d'un modèle du site en 1930, lequel fut malheureusement peu utilisé par les étudiants. Une de nos préoccupations est donc de développer une application qui nous permettrait de créer des représentations qui combinent l'information contenue dans les photographies prises à différentes époques. L'objectif sous-jacent serait d'illustrer, dans une facture réaliste, à travers l'évolution du site, le contexte et l'histoire entourant la création d'un projet architectural.

**NOTES**

1. Voir : Allen, Peter, Ioannis Stamos, Atanas Gueorguiev, Ethan Gold, et Paul Blaer, 2001, *AVENUE: Automated Site Modeling in Urban Environments*, Third International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling, 28 mai – 1<sup>er</sup> juin, Québec. Debevec, Paul E., 1996, *Modeling and Rendering Architecture from Photographs*, Ph.D. Thesis, University of California Berkeley. Hirschberg, Urs, et André Streilein, 1995, *CAAD meets digital photogrammetry – modelling weak forms for computer measurement*, ACADIA 95 Computing in Design – Enabling, Capturing and Sharing Ideas, 19-22 octobre, Seattle, Washington, USA.
2. Perrin, Jean-Pierre et Isabelle Fasse, 1998, « Simulation d'Architectures en Synthèse d'Image. Projets, Monuments et Ambiances Lumineuses », *Les cahiers de la recherche architecturale*, n° 42-43, p. 105-115.
3. Bosselmann, Peter, 1998, *Representation of Places: Reality and Realism in City Design*, Berkeley, University of California Press, 228 p. Sheppard, Stephen R.J., 1989, *Visual Simulation*, New York, Van Nostrand Reinhold, 216 p.
4. Daniel, Terry C., et Michael J. Meitner, 2001, « Representational Validity of Landscape Visualizations: The Effects of Graphical Realism on Perceived Scenic Beauty of Forest Vistas », *Journal of Environmental Psychology*, n° 21, p. 61-72.
5. Sanoff, Henry, 1991, *Visual Research Methods in Design*, New York, Van Nostrand Reinhold, 223 p.
6. Dans notre cas, il s'agissait de QuickTime VR Authoring Studio version 1.0 de la compagnie Apple.
7. Liggett, Robin. S., et William. H. Jepson, 1995, « An Integrated Environment for Urban Simulation », *Environment and Planning B : Planning & Design*, May 22, n° 3, p. 291-302.
8. Debevec, Paul E., Yizhou Yu, et George D. Borshukov, 1998. « Efficient View-Dependent Image-Based Rendering with Projective Texture-Mapping », *9<sup>th</sup> Eurographics workshop on rendering*, p. 105-116. Voir également : Hirschberg et Streilein.
9. Dans notre cas, nous disposons de la version 2.1 du logiciel Photomodeler de EOS.
10. Debevec.
11. C'est-à-dire sans délai entre l'action de l'utilisateur et l'affichage à l'écran de l'image résultante.
12. McMillan, Leonard et Gary Bishop, 1995, « Plenoptic Modeling: An Image-Based Rendering System », *Proceedings of SIGGRAPH 95*, p. 39-46.
13. Le VRML (Virtual Reality Modeling Language) se situe au cœur des préoccupations du groupe de recherche. Il s'agit d'un langage de description et de modélisation d'une scène tridimensionnelle.
14. Debevec *et al.*