

POUR UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE PHOTOGRAMMETRIQUE :  
Les 4 dimensions de l'architecture

*Jean-Paul SAINT-AUBIN*

Conservateur de l'Inventaire général  
des monuments et des richesses artistiques  
de la FRANCE  
bureau Image & nouvelles technologies

Ministère de la Culture et de la Communication

Hôtel de Vigny - 10, rue du Parc Royal  
FRANCE - 75003 PARIS

Commission V

1. - L'image de synthèse

L'image de synthèse est une image produite par l'ordinateur à partir d'un fichier numérique dont les données définissent dans l'espace un objet.

Au contraire des procédés habituels de représentation, l'objet n'est pas déduit des lignes qui fixent ses arêtes ou ses détails mais décomposé en facettes qui reconstituent polyédriquement son épiderme et même sa structure plus interne à partir de blocs décrits géométriquement.

Facettes ou blocs sont définis évidemment par des fichiers de points connus en X,Y,Z organisés hiérarchiquement en bi-points vecteurs puis en facettes puis en blocs; cette organisation spatiale est, somme toute, relativement classique, sur le principe du moins, puisqu'elle ne supporte pas de facettes gauches.

La grande innovation procède dans la possibilité de qualifier facettes, blocs en introduisant des paramètres qui pourront susciter, à partir du même objet, des visualisations multiples provoquées par l'interdépendance des blocs qui réagiraient, par exemple, à l'introduction de contraintes de plasticité, de résistance, de déplacement.

Des logiciels complexes gèrent ces données, répondent aux sollicitations de traitement que leur suggère l'utilisateur et "représentent" l'objet, sur l'écran ou par l'intermédiaire de traitements vidéo, selon une perspective et un éclairage appropriés.

Dans la fabrication de l'image de synthèse, 60 à 80 % du temps de fabrication est consacré à la numérisation de l'objet, réalisée parfois par

digitalisation de représentations 2 x D, parfois de façon excessivement archaïque (notamment lorsque l'objet existe); cette phase préliminaire correspond à 50 % environ du coût de fabrication.

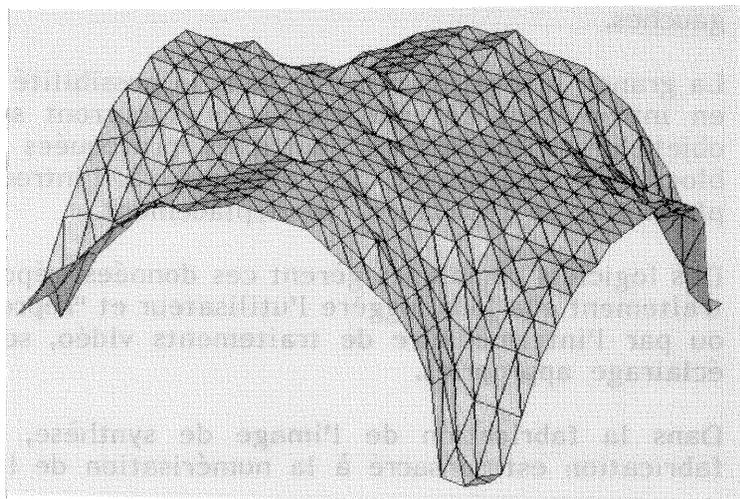
En 1986, les investissements mondiaux dans les images de synthèse, tous domaines confondus, sont de l'ordre de 7 milliards de dollars et si les Etats-Unis, avec 65 %, conservent le leadership, la France occupe avec le Japon la deuxième place et dispose de nombreux atouts pour se maintenir au plus haut niveau. L'Institut national de la communication audiovisuelle et sa filiale (avec Thomson) T.D.I. produisent avec la SOGITEC (une filiale de Dassault) la plupart des images, mais une constellation de petites sociétés s'installent sur un marché qui progresse chaque année de 50 %; ainsi, Mac-Guff-Ligne qui a réalisé des images de synthèse à partir des relevés photogrammétriques de l'Inventaire général dans le cadre d'un film de Didier Brunner coproduit par E.E.C., la Direction du Patrimoine et le C.N.C.

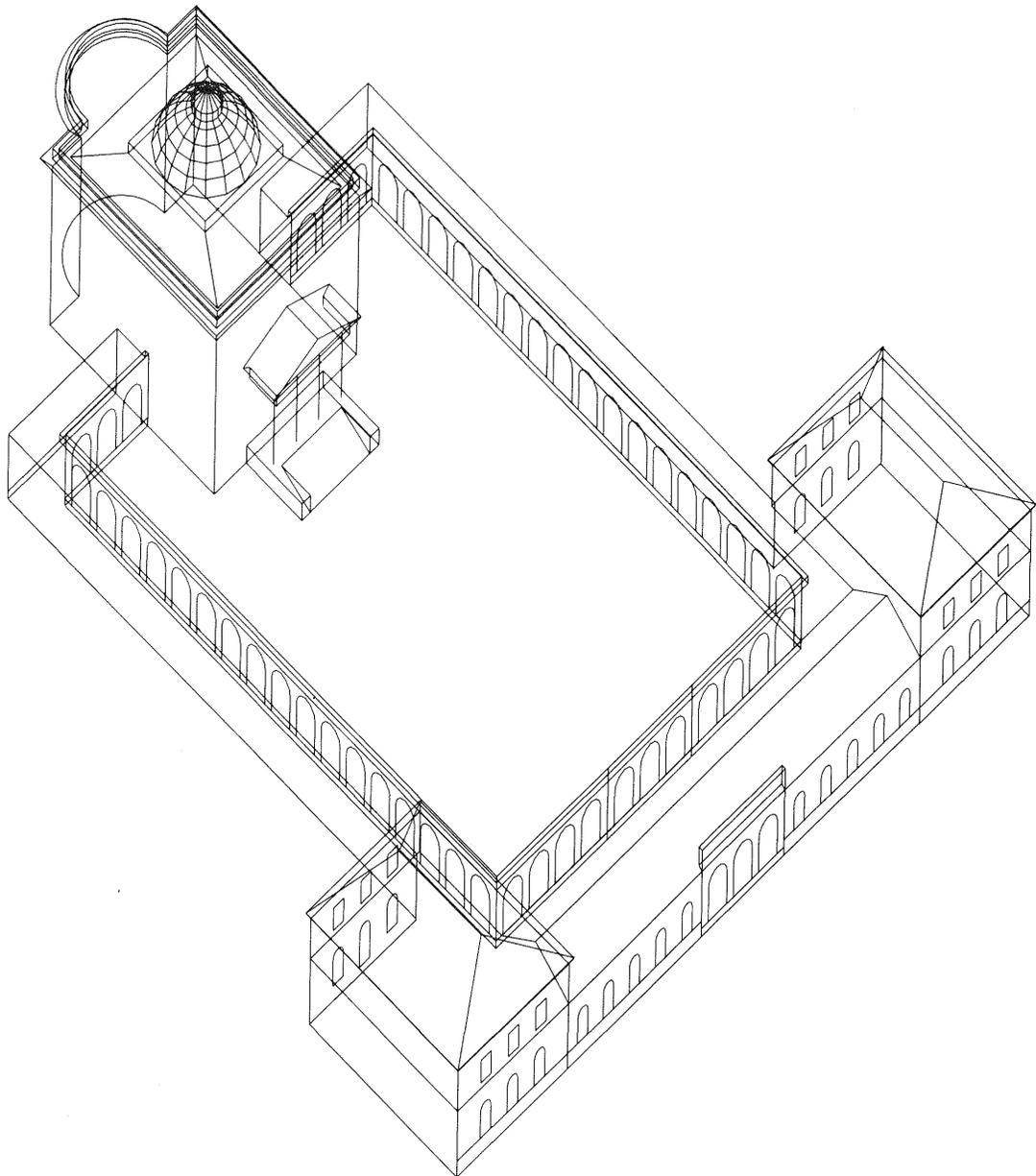
L'université de Paris VIII a créé un département "Art et technologie" au sein duquel des chercheurs comme Michel Bret ont dès à présent mis au point des logiciels performants, par ailleurs commercialisés et utilisés actuellement dans des laboratoires institutionnels; ainsi, le CIMA, qui dépend du Ministère de l'équipement, du logement et de l'aménagement du territoire, réalise depuis plusieurs années des images de synthèse à l'occasion de projets architecturaux (par exemple sur le bâtiment des Archives du monde du travail).

## 2. - Les travaux de recherche de l'A.P.A.I.G.

Dans le cadre du Ministère français de la Culture et de la Communication et de la Direction du Patrimoine, l'équipe de l'Atelier de photogrammétrie architecturale de l'Inventaire général développe depuis plusieurs années des applications qui exploitent la richesse de l'information numérique (issue de la photogrammétrie) et la conservent dans la mémoire d'ordinateurs. Un logiciel notamment, mis au point par l'équipe, étudie, à travers l'analyse fine de la structure architecture, la conception architecturale et les procédés de construction comme il permet une auscultation sanitaire des équilibres du bâti (cf. XVe congrès de l'P.S.P.R.S. - volume XXV, tome A5, p. 647, 656. Rio de Janeiro, 1984).

NOYON, cathédrale :  
voûte de la tribune  
image de synthèse  
copie thermique d'écran





Au début de 1986, dans le cadre d'une première recherche, l'Atelier de photogrammétrie architecturale de l'Inventaire général a réalisé ses premières images de synthèse sur un édifice relevé par photogrammétrie, l'hospice Saint-Charles de Rosny-sur-Seine -aujourd'hui centre culturel-. Cette opération nous a permis de nous convaincre de l'intérêt considérable de développer dans ce domaine les possibilités de numérisation de la photogrammétrie (cf. Archives internationales de photogrammétrie et de télédétection, vol. 26, tome 5, p. 502, 509. Ottawa, 1986).

Depuis cette date, nous poursuivons la mise au point de logiciels informatiques pour traiter et convertir les données issues de numérisation photogrammétrique. Il s'agit de générer automatiquement, à partir des productions habituelles de l'atelier mises en mémoire sous forme de stocks d'informations chiffrées, les "fichiers surfaciques" qui sont à la base de la création d'images de synthèse.



C'est de cette époque que date la fabrication par la Société Mac-Guff-Ligne d'images de synthèse sur la Villa Médicis, réalisées à partir d'une opération photogrammétrique menée par l'Inventaire sur la Villa Médicis à Rome. Ces images s'inscrivent, comme la plupart actuellement des images de synthèse, dans des productions audiovisuelles assurant des effets spéciaux ou des décors; mais il nous a semblé, dès ce moment, que dans le monde de la protection du patrimoine architectural, pour son étude, pour sa conservation et pour sa mise en valeur, l'image de synthèse allait pouvoir offrir un outil nouveau et riche de possibilités.

### 3. - La photogrammétrie et l'image de synthèse

La photogrammétrie, par la prolixité de son information, par sa qualité de définition et sa précision métrique et spatiale mais aussi par la rapidité de constitution du fichier numérique, apporte évidemment une réponse appropriée pour tout objet existant, quelle que soit sa complexité.

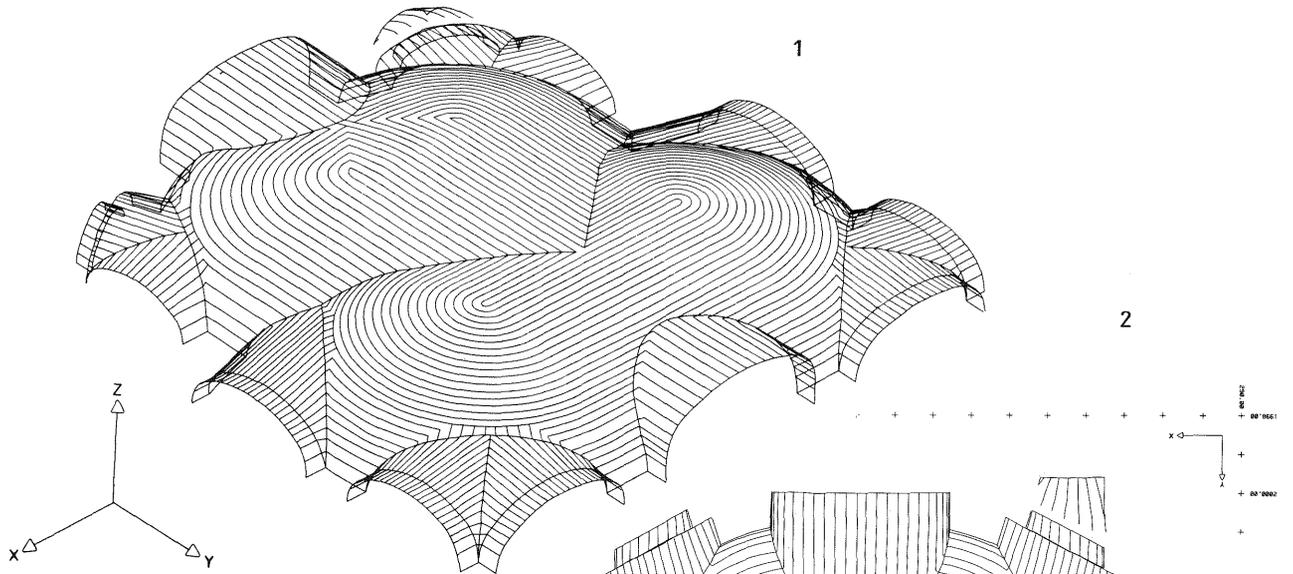
Dans le domaine du patrimoine architectural, et spécialement dans le secteur des édifices protégés, la réalisation de représentations sophistiquées issues de la photogrammétrie se trouverait amortie très rapidement par la quantité de relevés d'architecture que supposent les nombreuses interventions de sauvegarde; ces relevés pourraient être générés à moindre coût à partir de la banque de données primordiale.

Par ailleurs, le Ministère de la Culture et de la Communication, à travers les sous-directions des Monuments historiques et de l'Inventaire général, a développé depuis 20 ans une politique ambitieuse de relevés photogrammétriques d'architecture qui peut conduire dorénavant à la mise en mémoire numérique des relevés pour une utilisation différée d'imagerie de synthèse.

Les usages de cette nouvelle représentation de l'architecture s'inscrivent dans la filiation directe des produits photogrammétriques car, comme eux, elle constitue l'image effective et précise d'un édifice; mais le passage par la banque de données numériques autorise les tracés multiples et la confrontation à des logiciels d'auscultation ou d'analyse de l'architecture.

La vocation de cette maquette numérique de synthèse apparaît dès à présent dans une triple orientation :

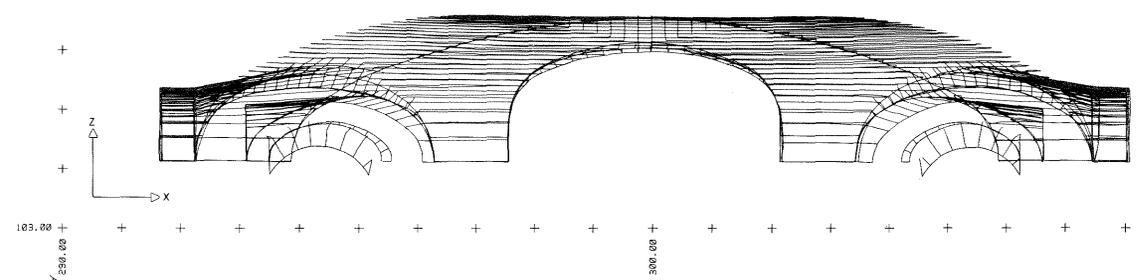
- mémoire spatiale de l'édifice; elle sert de support organisé de la documentation et facilite l'enregistrement localisé d'informations techniques (nature de matériaux, état sanitaire, ...), d'informations chronologiques ou historiques (dates de constructions ou d'interventions, ...),
- outil de visualisation de la restauration prévue, elle justifie ainsi des choix techniques, historiques ou esthétiques; les modifications incrustées, après travaux, dans la maquette elle-même, sans que soit effacé l'état originel, informent sur l'histoire récente de l'édifice. Des études de poussées et de charges sont simulées et les déformations enregistrées,
- représentation "spectaculaire", la maquette de synthèse suscite dès maintenant l'intérêt des cinéastes mais elle constitue évidemment un outil



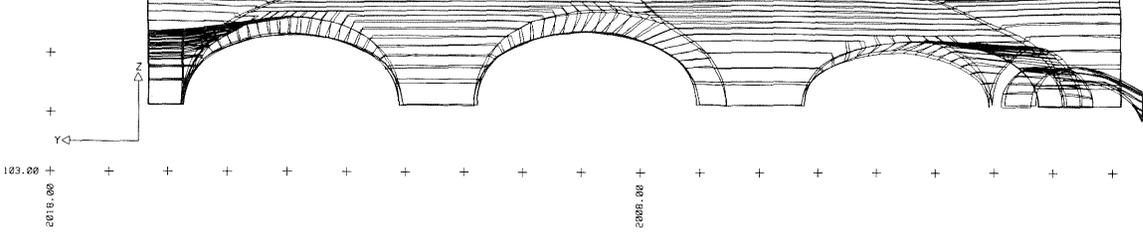
ARLES, Hôtel de Ville  
voûte du vestibule  
fichier numérique

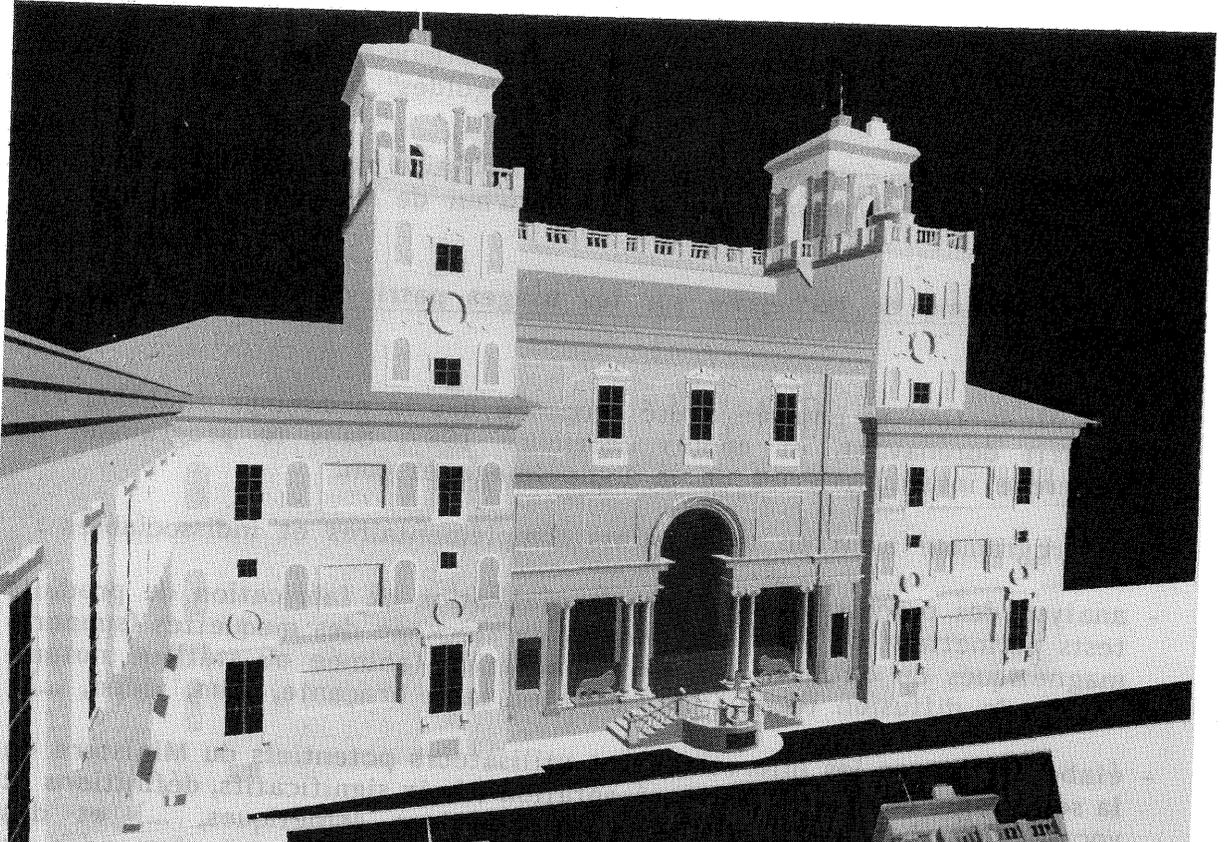
1. vue isométrique
2. plan
3. et 4. coupes

3

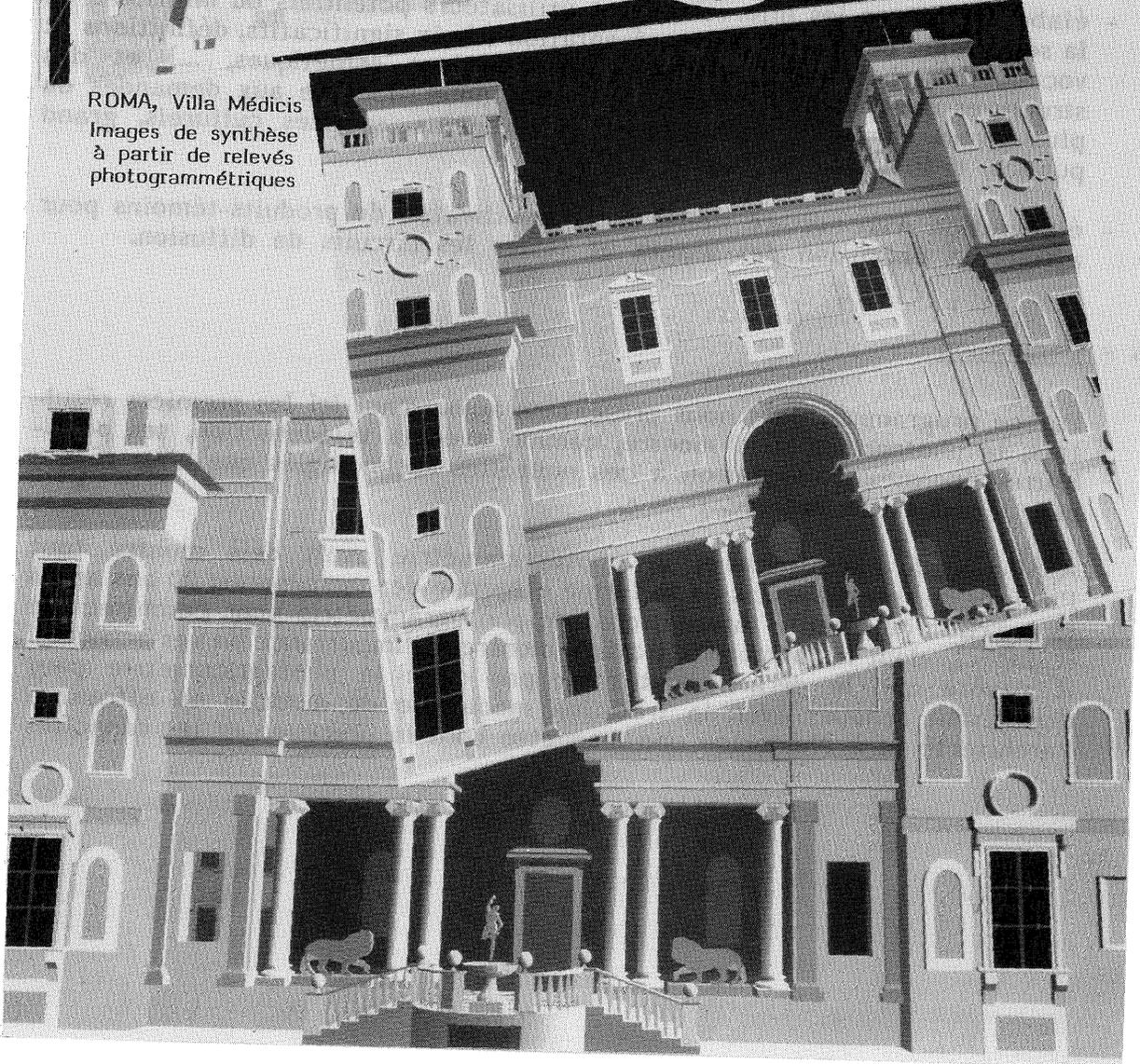


4





ROMA, Villa Médicis  
Images de synthèse  
à partir de relevés  
photogrammétriques



pédagogique de premier ordre pour l'enseignement de l'architecture et de son histoire comme pour une information touristique de haut niveau (éditions de maquettes chronologiques, de parcours "guidés" sur écran, de jeux, ...).

Cette brève énumération ne vise pas à l'inventaire exhaustif des usages que cette nouvelle technologie permet aujourd'hui de seulement imaginer.

#### 4. - Le programme de recherche sur les usages patrimoniaux de l'image de synthèse

Une étude fine et poussée a été proposée dès le printemps de 1987; elle s'inscrit dorénavant, et depuis décembre 1987, dans le programme de recherche interministériel de la ligne Image et son.

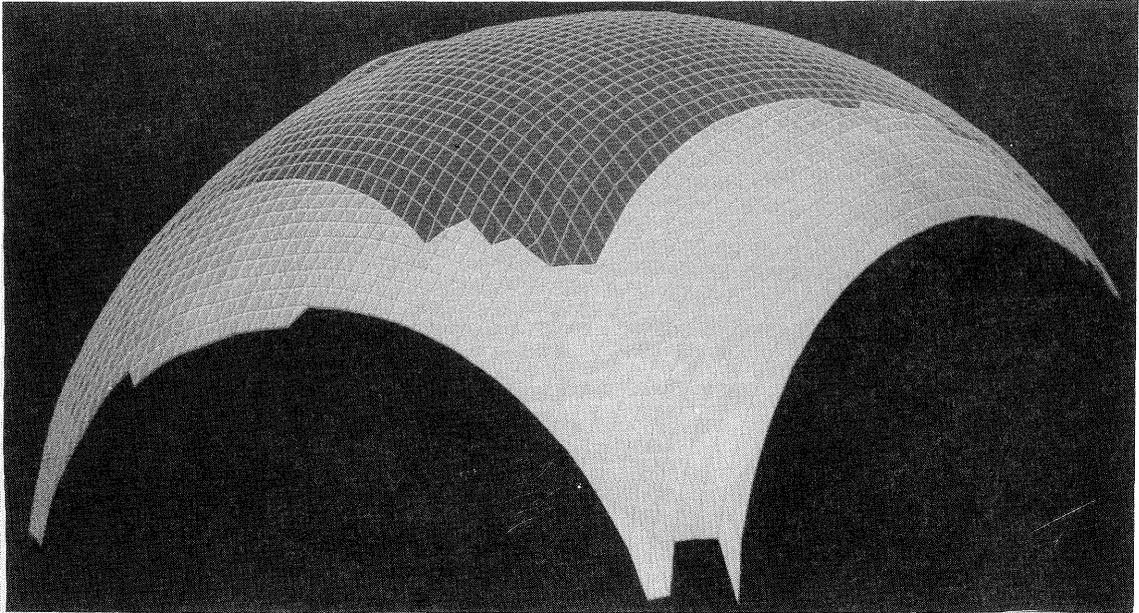
Le programme tient en trois points complémentaires et indissociables :

- analyse des processus techniques de réalisation et fabrication de produits tests permettant de juger des moyens de stockage des maquettes (supports magnétiques ou optiques, ...), de visualisation (animée ou statique notamment), de diffusion (écran, hard-copy et table traçante, film, vidéo, ...),
- élaboration avec les intervenants et utilisateurs potentiels du Ministère de la sémiologie de ce type de représentation (choix significatifs, définitions et vocabulaire, habillages, textures, interventions esthétiques, ...) et des structures de diffusion à mettre en place pour répondre aux demandes du plus grand nombre (chercheurs et intervenants, services culturels, grand publics, droits, ...),
- élaboration d'un nombre limité mais significatifs de produits-témoins pour affiner la définition des usages et tester les circuits de diffusion.

#### 5. - Conclusion

Par ce programme, dont nous présentons aujourd'hui ici les premiers résultats, la photogrammétrie montre, comme avec la télédétection, ses possibilités énormes d'adéquation à ces nouvelles technologies que nous révèle peu à peu l'informatique.

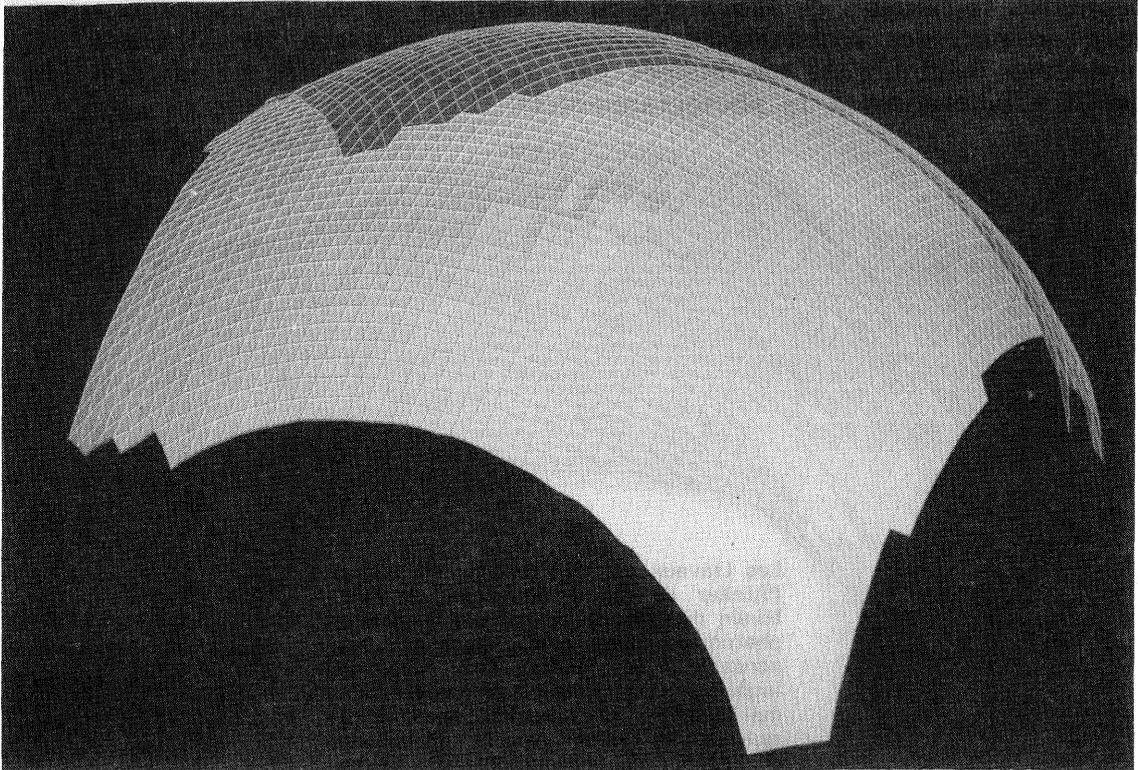
Appliquée à l'architecture, la photogrammétrie avait déjà montré tout l'intérêt de relevés précis de la forme effective des monuments; 20 ans après la création du Comité international de photogrammétrie pour l'architecture (C.I.P.A.), dont les nombreux travaux montrent l'importance de ses activités, il s'avère que le dernier mot n'est pas dit : la photogrammétrie peut dorénavant renouer avec la tradition médiévale du modello en offrant à l'architecte et à l'historien une maquette dont la précision et les capacités

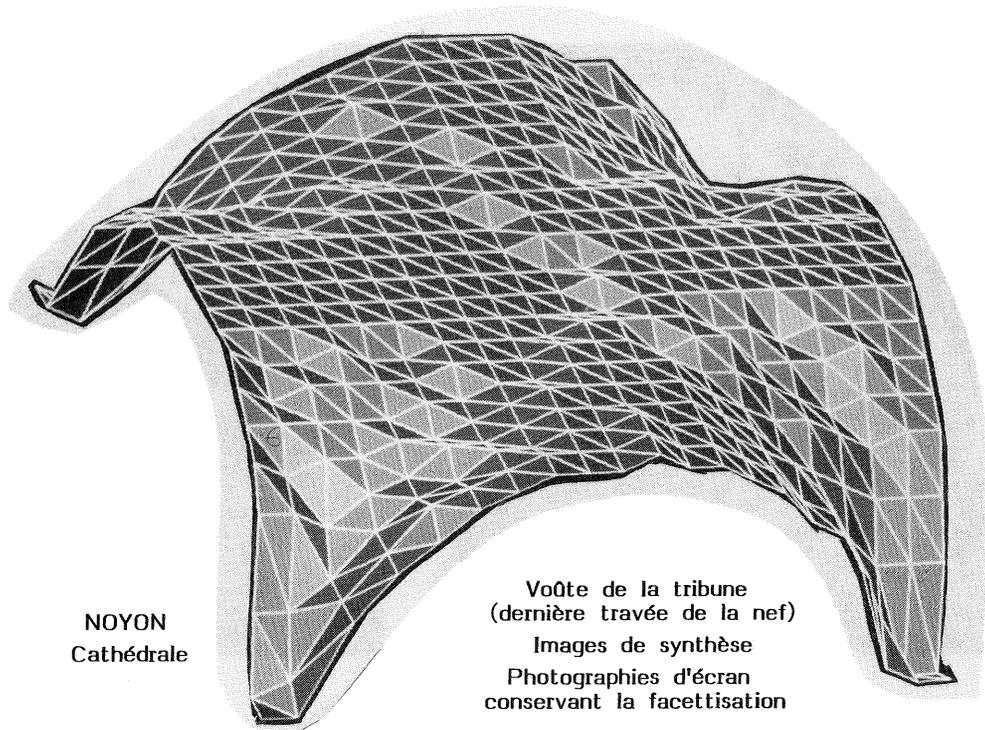


VALENCE, le "pendentif"  
voûte sphérique

Images de synthèse

Photographies de l'écran conservant la facettisation





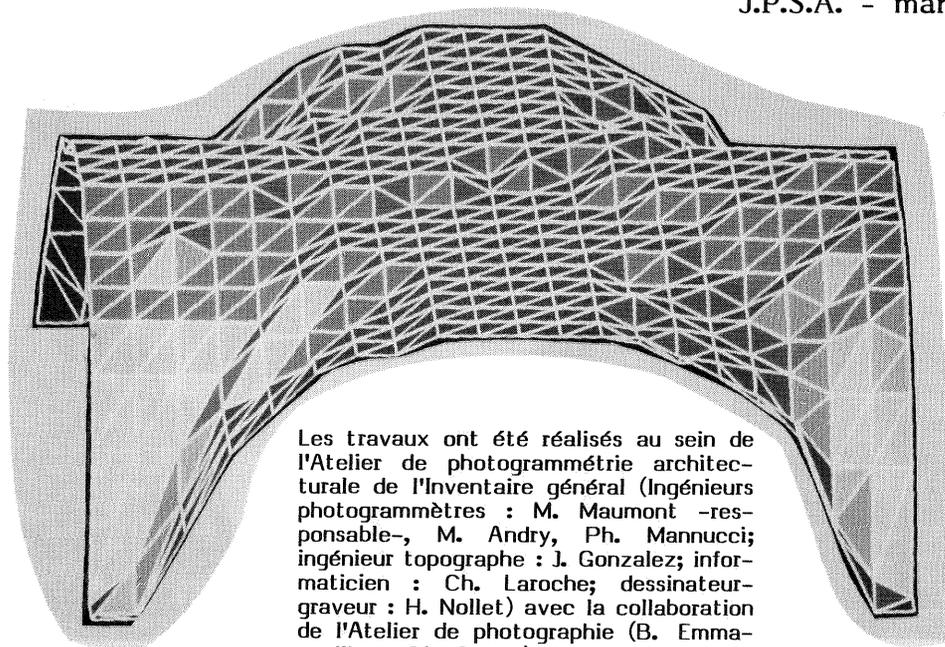
NOYON  
Cathédrale

Voûte de la tribune  
(dernière travée de la nef)  
Images de synthèse  
Photographies d'écran  
conservant la facettisation

représentations de l'architecture puisqu'elle enregistre, en plus des 3 dimensions de l'espace, la 4ème dimension, celle du temps et de l'histoire de l'édifice.

Pour l'Atelier de photogrammétrie architecturale de l'Inventaire général, une telle étude, dans ce secteur de l'image de synthèse, témoigne des capacités techniques du Ministère de la Culture et de la Communication face au pari des technologies nouvelles. Elle provoque par ailleurs une ouverture originale de ces images par trop spectaculaires et affirme les qualités inhérentes à la photogrammétrie.

J.P.S.A. - mars 1988



Les travaux ont été réalisés au sein de l'Atelier de photogrammétrie architecturale de l'Inventaire général (Ingénieurs photogrammètres : M. Maumont -responsable-, M. Andry, Ph. Mannucci; ingénieur topographe : J. Gonzalez; informaticien : Ch. Laroche; dessinateur-graveur : H. Nollet) avec la collaboration de l'Atelier de photographie (B. Emmanuelli et Ph. Fortin). Le secrétariat du bureau Image & nouvelles technologies est assuré par D. Frezza.