

■ La zone de Forbach nord, en Moselle, est composée d'emprises industrielles qui doivent être désaffectées. Dans ce contexte de reconversion des réflexions sont menées depuis 1994 sur l'urbanisme, les activités et la circulation dans la région.

Pour aider à la décision, des travaux de modélisation ont été réalisés. De nouveaux outils photogrammétriques permettent de réaliser des modèles surfaciques photoréalistes pour apprécier l'impact des infrastructures en projet. Le cabinet de géomètres Guelle et Associés a été sollicité pour cette réalisation dont il relate les principaux enjeux. ■

modélisation photoréaliste en 3D

sur le site du puits
Simon à Forbach

Laurent Fuchs - Ing. Géomètre - ENSAIS

Résumé

L'entrée en force du numérique dans le monde de la photogrammétrie a permis l'émergence de nouveaux types de produits au premier rang desquels figure l'orthophoto dont la qualité principale est de lier l'exactitude géométrique d'un plan à la lisibilité d'une photographie. De nouveaux outils photogrammétriques permettent aujourd'hui de générer des modèles surfaciques photoréalistes, utiles aux aménageurs d'une part pour visualiser l'impact d'infrastructures projetées mais aussi en tant qu'instrument de communication. De par son expérience dans le domaine de la photogrammétrie aérienne et terrestre, le cabinet GUELLE & ASSOCIÉS a été sollicité pour réaliser la modélisation photoréaliste de la zone de Forbach-Nord dont cet article se propose de relater les principaux enjeux techniques et humains.

Mots clés : Photogrammétrie numérique, modèles surfaciques photoréalistes, études d'impact des projets architecturaux.

I. Contexte et principes techniques directeurs de la modélisation

Les travaux de modélisation réalisés sur la zone de Forbach-Nord s'inscrivent dans le **contexte plus large de la reconversion spatiale, économique et urbaine d'un territoire représentant plus du tiers du ban communal de Forbach**. En effet, le territoire de FORBACH-NORD, d'une

superficie de plus de 550 ha, est presque exclusivement composé d'emprises industrielles minières (carreaux, terril, carrières, voies ferrées), qui progressivement vont être désaffectées. Afin de préparer la reconversion de ces sites, plusieurs études ou réflexions ont été menées depuis 1994, et ceci dans plusieurs cadres :

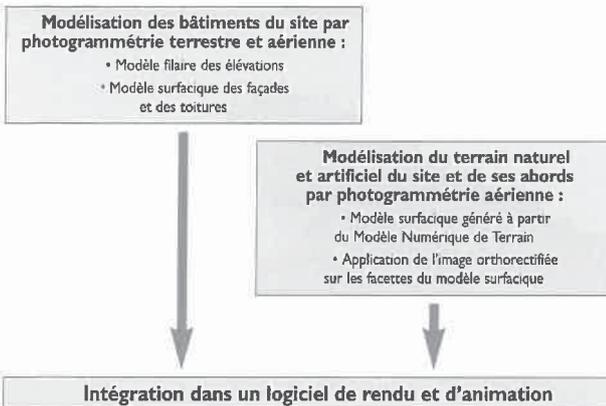
- Études d'urbanisme et études techniques préalables dans le cadre de la politique régionale de traitement des espaces dégradés.
- Études de faisabilité de parcs d'activités transfrontaliers dans le cadre du programme d'étude EUROZONE (co maîtrise d'ouvrage franco-sarroise).
- Étude de circulation sur l'espace frontalier à l'initiative du Département de la Moselle et du Land de Sarre.

Ces différentes approches ont permis de mettre en évidence les enjeux et les potentialités que représente la reconversion de ce site charnière entre les agglomérations de SARREBRUCK et de FORBACH, à savoir les enjeux économiques, urbains, environnementaux précités auxquels s'ajoute un enjeu patrimonial avec la préservation d'un ensemble de bâtiments industriels caractéristiques de l'architecture et de l'industrie minière du début du siècle (puits Simon I et II).

Figure 1 : vue d'ensemble du carreau SIMON



Les principes techniques directeurs de la modélisation se schématisent simplement de la façon suivante :



2. Prises de vue et travaux de topométrie terrestre

2.1. Prises de vue aérienne

Les prises de vue aériennes ont été réalisées à l'aide d'une chambre de prises de vues ZEISS LMK 3000 dotée d'une plateforme stabilisée et d'un système de compensation de filé. L'ensemble de la zone à modéliser a été couvert à l'aide d'une bande de prises de vues au 1/10 000, réalisées à l'aide d'une focale de 150 mm.

2.2. Prises de vue terrestre

Les prises de vue terrestre ont été réalisées avec deux types de chambres de prises de vue :

- Une **chambre métrique ROLLEI 6006**, boîtier au format 6 x 6 cm équipé d'une focale Zeiss Distagon de 40 mm. Les paramètres d'orientation interne de la chambre ont été étalonnés et sont réputés stables.
- Un **appareil numérique non métrique Olympus C 1400 L**, doté d'un boîtier de type reflex, et muni d'un capteur CCD 2/3 de pouce (matrice image de 1280 x 1024).



Figure 2 : La chambre de prises de vue métrique ROLLEI 6006



Figure 3 : L'appareil numérique Olympus C 1400 L.

2.3. Détermination des points de calage

L'orientation externe des clichés (aériens et terrestres) a nécessité le mesurage et le calcul de points de calage dans le système LAMBERT I – IGN 69. Les photos aériennes ont été référencées en utilisant la technique du GPS temps réel, qui a également servi à déterminer les coordonnées des points de polygonation nécessaires au levé des points de calage sur les façades des bâtiments. Ces points ont été déterminés en utilisant la technique des intersections 3D pour les points inaccessibles, et la tachéométrie pour les autres. Les coordonnées obtenues sont de qualité centimétrique.

3. Modélisation surfacique du sol

L'ensemble de la zone à modéliser, qui représente 921 hectares (le site du puits Simon 6 hectares), a été couvert par une bande de 6 clichés au 1/10 000 présentant 60 % de recouvrement.

3.1. Géométrie

La première étape a consisté à réaliser la **stéréorestitution analytique** du modèle numérique de terrain à l'échelle du 1/2500. Les objets restitués rentrent dans deux catégories principales : d'une part le semis de points cotés (un point tous les 25 m), d'autre part les lignes de ruptures définissant le modèle du point de vue topologique. Ces objets ont ensuite été « ventilés » dans des couches du type « Voirie », « Hydrographie », « Courbes de niveau », « Forêts-Bois », « Bâtiments », en prenant soin de restituer également les différentes masses forestières. Cette étape de restitution a bien entendu été précédée de la phase de calcul de l'orientation externe des clichés par aérotriangulation (calcul en bloc par la méthode des faisceaux effectué à l'aide du logiciel BINGO version 4.0 : emq effective de 8 cm en planimétrie, et de 4 cm en altimétrie).

L'étape suivante a consisté, à partir de ces données ponctuelles et filaires, à **générer un modèle surfacique** susceptible d'être doté de propriétés photoréalistes. Des entités AutoCAD de type « 3Dfaces » ont ainsi été générées par l'appliquatif AutoSURF de PC Vision, à partir du semis de point et des lignes de ruptures issues de la stéréorestitution (triangulation par la méthode de Delaunay).

3.2. Habillage photoréaliste



Figure 4 : Fenêtre d'affichage de l'image dans « OrthoEngine »

Cette étape nécessite l'**orthorectification** et le **géoréférencement** des clichés aériens numérisés, afin de pouvoir les rendre superposables au modèle surfacique créé précédemment. La version 6.0.2 du logiciel « OrthoEngine » (PCI) a été utilisée pour mener à bien cette tâche qui nécessite, outre l'existence d'un modèle numérique du terrain, la connaissance des paramètres d'orientation externe de chaque cliché. Ces données de base permettent d'attribuer à chaque pixel de l'orthophoto une valeur radiométrique dans chacun des trois canaux fondamentaux de l'image RVB, valeur déterminée par exploitation des équations de colinéarité et d'une méthode d'interpolation des niveaux de gris (plus proche voisin, bilinéaire ou bicubique).

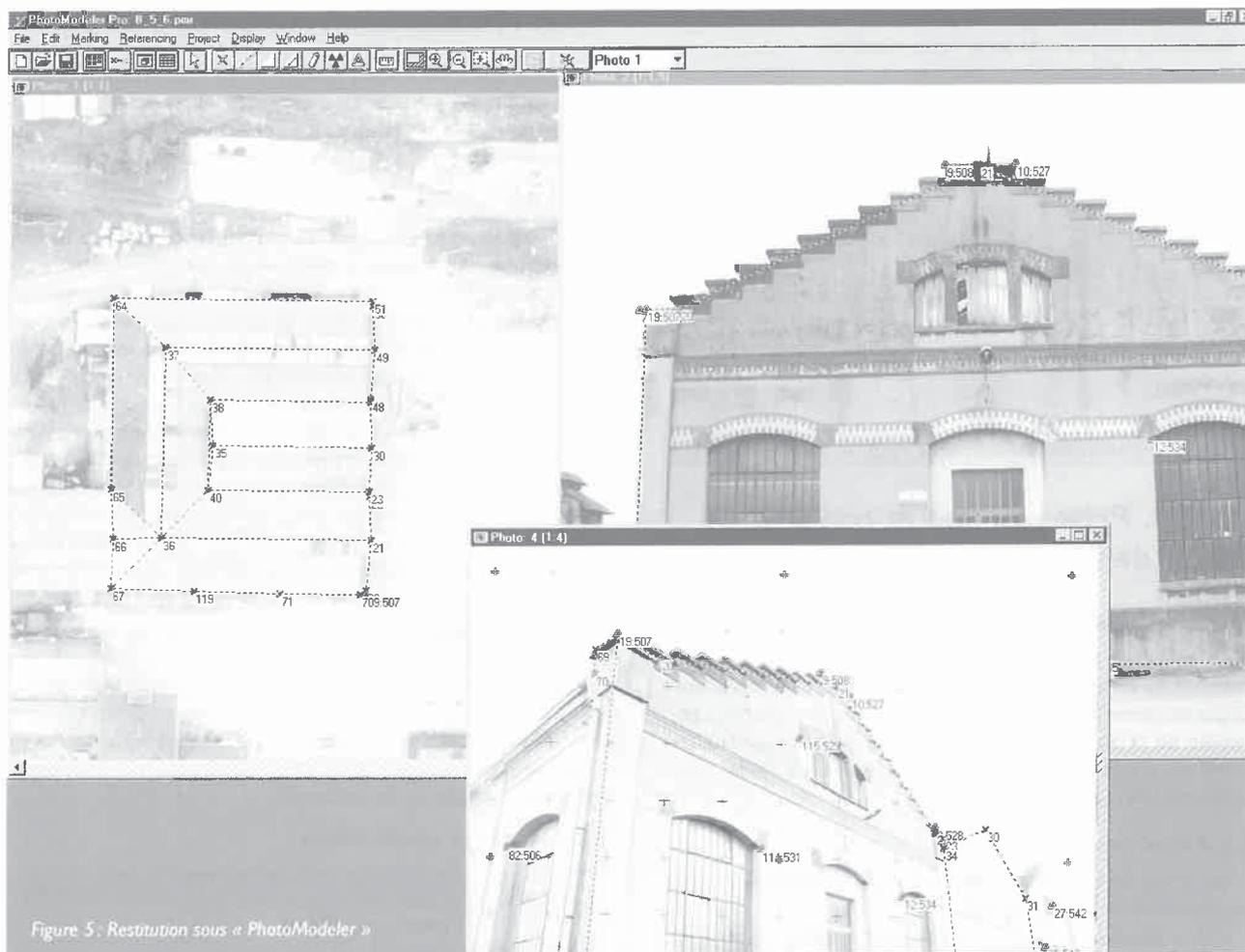


Figure 5 - Restitution sous « PhotoModeler »

Le modèle photoréaliste du sol a ensuite été créé dans « 3D Studio Viz » (KINETIX), où l'orthophoto a été attribuée en tant que propriété diffuse (réponse de la surface considérée à l'éclairage d'une source lumineuse directe) au modèle surfacique décrit précédemment.

4. Modélisation surfacique des bâtiments du site

La modélisation des bâtiments du site du carreau SIMON, a été réalisée à l'aide du logiciel « PhotoModeler » (version PRO 3.0) développée depuis 1993 par la société « EOS System » basée à Vancouver.

« PhotoModeler » est un logiciel de photogrammétrie « multi-images », exploitant des mesures monoscopiques qui permet d'exporter, outre des modèles filaires, des modèles surfaciques avec association directe de textures directement issues des photos ayant servi à la restitution de la géométrie de l'objet.

4.1. Géométrie

La géométrie des bâtiments du site a été restituée en exploitant des blocs de clichés hétérogènes constitués :

- d'un couple de photographies aériennes au 1/4000 (pixel-sol d'environ 15 cm) ;
- d'un bloc de clichés terrestres constitué d'une image numérique couleur non-métrique (pixel-objet 15 mm) pour 3 images métriques noir et blanc (pixel-objet 5 mm).

Outre le **modèle coplanarité-similitude d'orientation externe** des clichés (application de la condition de coplanarité

aux faisceaux perspectifs suivie d'une transformation de similitude permettant d'orienter et de mettre à l'échelle le modèle précédemment créé par orientation relative), le logiciel « PhotoModeler » permet également de mettre en œuvre le **modèle de compensation en bloc par la méthode des faisceaux** (utilisation de la condition de colinéarité liant directement les coordonnées-photo et les coordonnées-objet d'un point). Entre autres raffinements, cette méthode permet de libérer les données d'orientation interne des images non-métriques (inconnues supplémentaires du calcul), obligeant en quelque sorte le cliché numérique non métrique à s'adapter au reste du bloc constitué de clichés métriques (données d'orientation interne étalonnées et réputées stables). En terme de précision, l'usage mixte de clichés terrestres non-métriques et de clichés métriques (dans la proportion de 1 pour 3) permet d'obtenir une précision effective moyenne d'environ 2 à 3 cm selon les configurations géométriques, largement suffisante pour le type d'application évoqué ici. Évidemment, les points restitués à l'aide des couples d'images aériennes auront une précision moindre, compte tenu de la taille du pixel-sol (limitée par les capacités machine).

4.2. Habillage photoréaliste

L'habillage photoréaliste est géré directement par le module d'export de « PhotoModeler », qui permet d'associer les extraits d'images orthorectifiées aux diverses facettes restituées sur l'objet.

Les principaux formats d'export sont accessibles à l'utilisateur, dont le format VRML (Virtual Reality Modeling Language) dédié aux applications internet, mais aussi le format 3D Studio qui est le format privilégié d'export dans le cadre de la modélisation du puits SIMON.

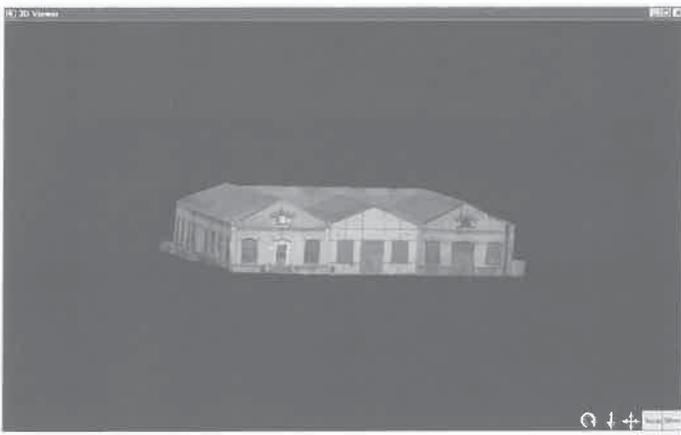


Fig. 6 : La fenêtre « 3D viewer » permettant de visualiser les modèles surfaciques

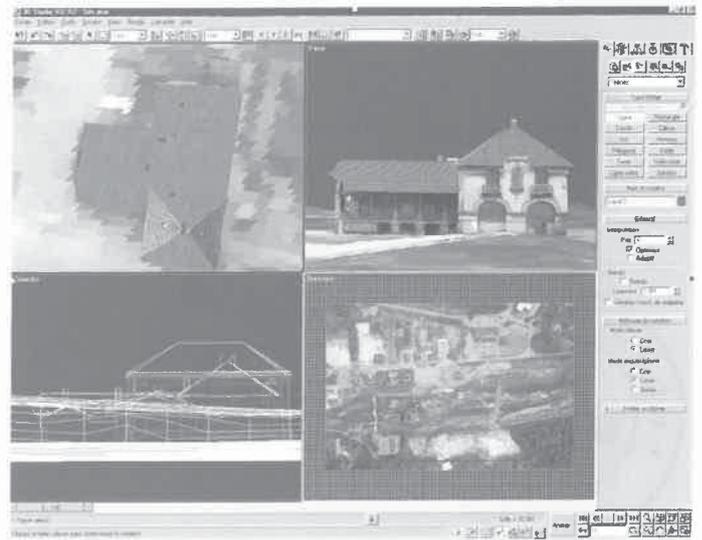


Fig. 7 : Vue du modèle intégrant sol et bâtiments (fenêtre 3D Studio VIZ)

5. Intégration des modèles

L'intégration des modèles se déroule sans problèmes particuliers sous 3 D Studio VIZ, puisque chaque fichier au format 3DS exporté depuis « PhotoModeler » est référencé Lambert I – IGN 69. La figure 7 permet de visualiser le modèle intégrant sol et bâtiments.

6. Résultats et conclusion

Une fois le modèle importé dans « 3D Studio VIZ », il est possible de générer d'une part des rendus de vue, mais aussi des animations. Les formats les plus courants sont supportés par 3DS, à savoir TIFF, JPEG, GIF etc. pour les rendus statiques et AVI, VRML etc. pour les animations.

L'une des fonctionnalités les plus intéressante offerte alors à l'utilisateur est de pouvoir visualiser l'insertion dans le site de nouveaux projets d'aménagements et de pouvoir mesurer leur impact visuel sur le milieu urbain et/ou naturel environnant.

Les outils logiciels ainsi que les méthodes présentées dans cet article permettent, une fois de plus, de mesurer le profond changement provoqué par l'entrée en force du numérique dans le monde de la photogrammétrie. Si cette « petite révolution » peut sembler correspondre de prime abord à une banalisation du métier de photogrammètre, il faut tout de même garder à l'esprit que la grande flexibilité qui caractérise la photogrammétrie numérique n'est pas sans limite, et qu'il faut aujourd'hui plus que jamais maîtriser les bases théoriques de la discipline afin d'être en mesure d'assurer d'une part sa mise en œuvre dans les « règles de l'art » et d'autre part une analyse correcte des résultats obtenus.

Charge à l'ensemble de la profession, à présent regroupée au sein du SNEPPIM (Syndicat National des Entreprises Privées de Photogrammétrie et d'Imagerie Métrique) de communiquer son savoir-faire à l'ensemble des donneurs d'ordres publics ou privés.

E-mail : guelle.associes@wanadoo.fr



Fig. 8 : Vue de direction Nord-Ouest Sud-Est permettant de visualiser l'insertion du site dans une unité naturelle